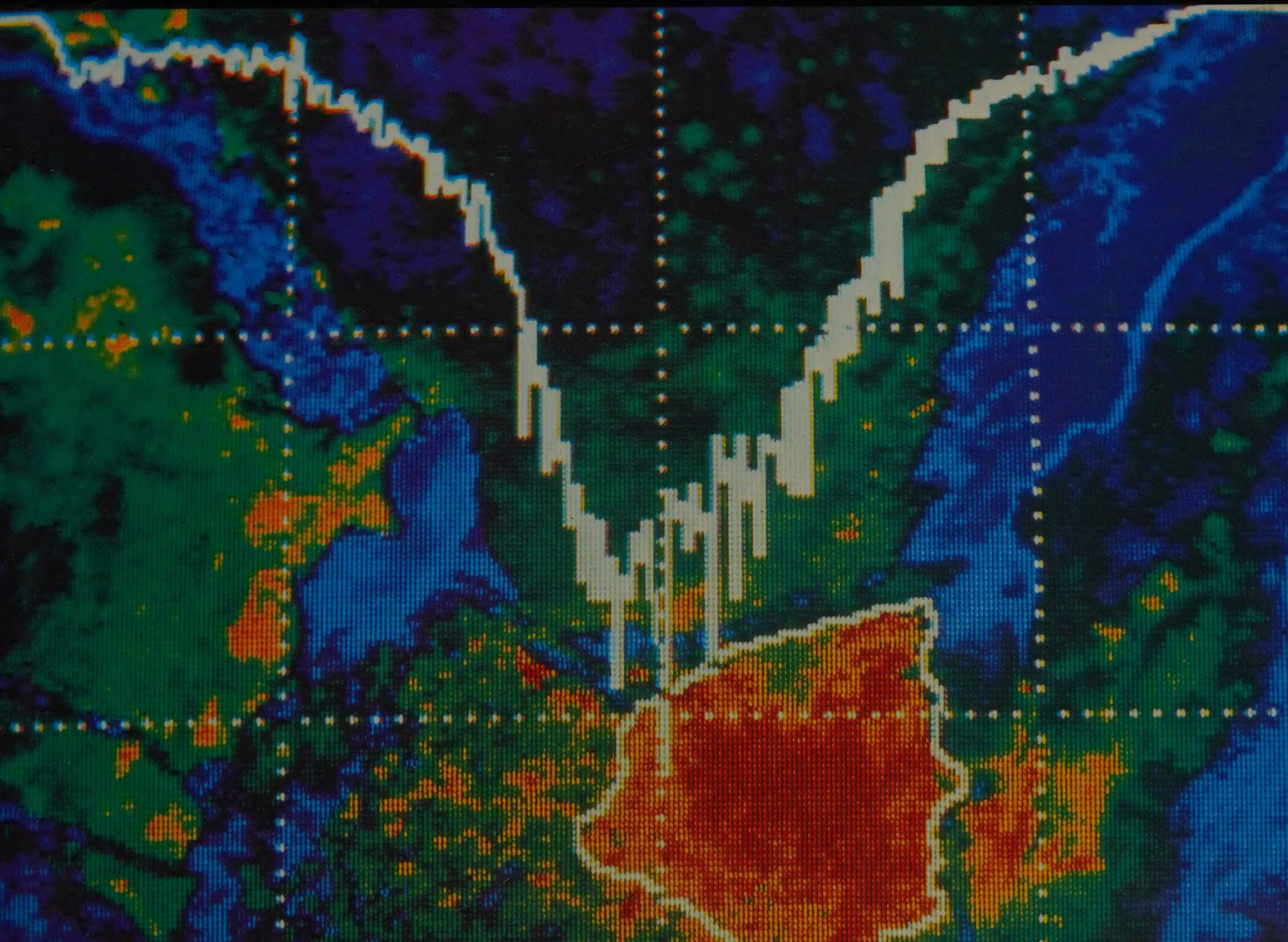
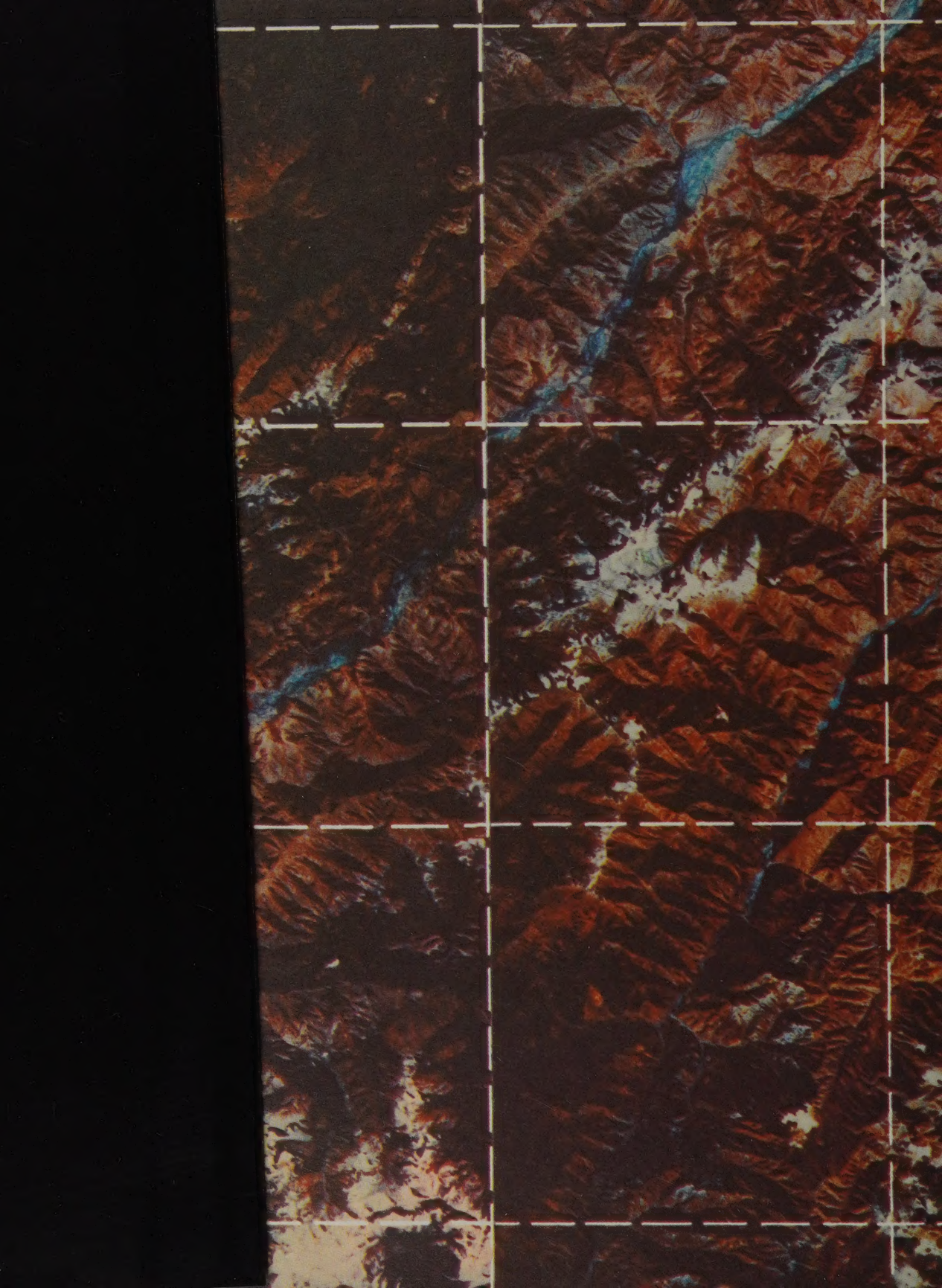
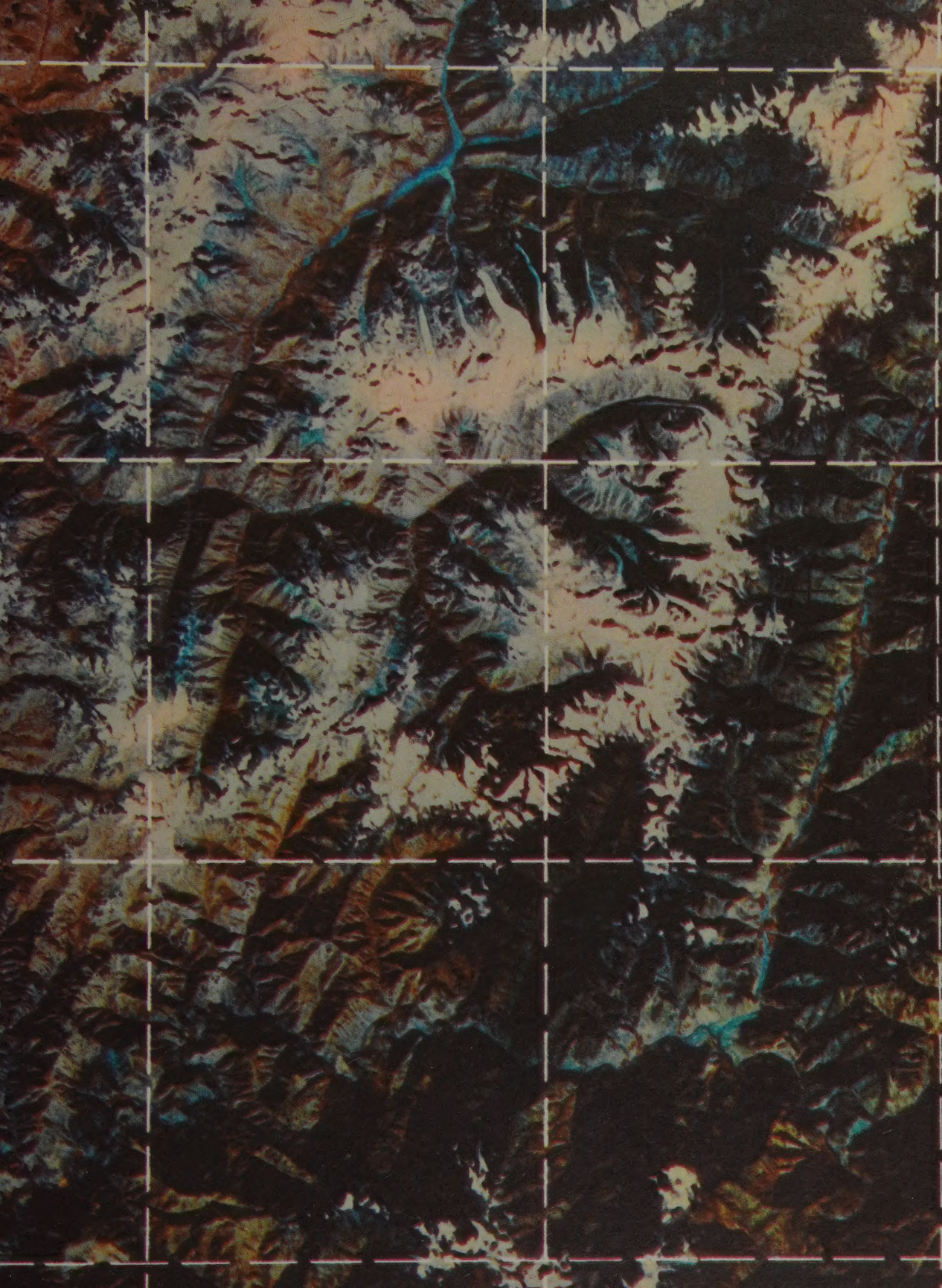


In den zum Nutzen der Menschheit

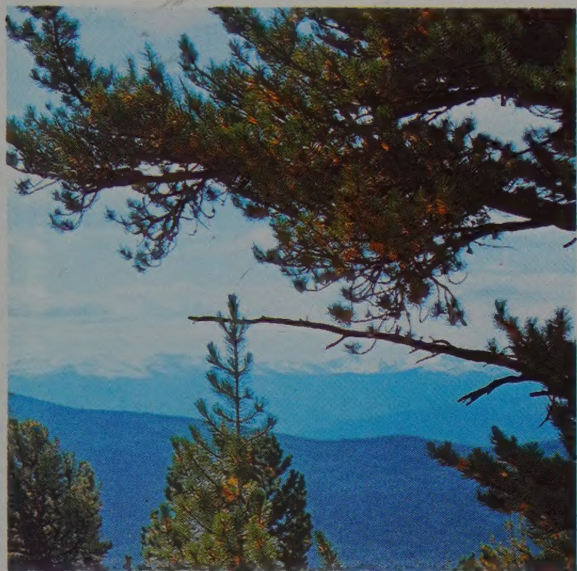
A.Kowal, L.Dessinow













23.20
77
A.Kowal, L.Dessinow

In den zum der Weltraum Nutzen Menschheit



**Verlag
Progress
Moskau**



**Staatsverlag
der Deutschen
Demokratischen
Republik**

Originaltitel:

А. Коваль, Л. Десинов

В КОСМОС РАДИ ЗЕМЛИ

Deutsch von *D. Gabrielan*

© Издательство «Прогресс», Москва 1987

© Deutsche Übersetzung
Verlag Progress Moskau 1987

Gedruckt in der UdSSR

ISBN 3-329-00191-7
Bestell-Nr. 772 274 8
01980

INHALT

DREISSIG SCHRITTE DER MENSCHHEIT	6		
KOSMISCHE NATURERKUNDUNG	9		
Eine neue Seite in der internationalen ökonomischen und wissenschaftlich- technischen Zusammenarbeit	15		
BEOBACHTUNG DER ERDE AUS DEM ALL	29		
Kosmische Geologie	30	Brüche der Erdrinde	36
		Ringstrukturen	46
		Prognosen für die Erkundung von Bodenschätzen	52
		Vulkane	53
		Bergregionen	60
Lufthülle der Erde	66		
Blick auf das Weltmeer aus dem All	81		
Im Interesse der Glaziologie	104	Studium der Schnee- und Eisvorkommen der Erde	107
		Untersuchung der Gletscherschwankungen und der Dynamik schneller Gletschervorstöße	117
		Optimierung der Boden-, Luft- und Raumfahrtbeobachtung von Schnee und Eis	135
Landschaftsforschung	141		
Raumfahrt für Land- und Forstwirtschaft	166		
Komplexe Kartierung der Naturressourcen	221		
Umweltschutz, aus dem Kosmos gelenkt	252		
Das neue Zeitalter	10		
Ziele und Aufgaben der geologischen Fernerkundung der Erde	75		
Kosmisches System zur Fernerkundung der Naturressourcen der Erde	88		
Experimente im Kosmos	132		
Die Raumfahrt im Dienste der kosmischen Fernerkundung der Erde	265	Anhang	276
FÜR DIE KOMMENDEN GENERATIONEN	269	Personenverzeichnis	283
		Sachregister	284

DREISSIG SCHRITTE DER MENSCHHEIT

Wie ein Blitz umflog unseren Planeten die Nachricht über den Start des ersten künstlichen Erdsatelliten in der Sowjetunion. Seitdem sind dreißig Jahre vergangen, aber der 4. Oktober 1957 bleibt in der Geschichte der Menschheit ein denkwürdiges Datum.

Die Menschen träumten schon seit langem vom Flug ins Weltall. Viele von ihnen setzten alle ihre Kenntnisse und ihre ganze Tatkraft ein, um diesen Traum Wirklichkeit werden zu lassen. Ein hervorragender Vorkämpfer der Raumfahrt und deren geistiger Vater war Konstantin Ziolkowski. Hundert Jahre nach seiner Geburt gelang 1957 der Durchbruch in den Weltraum. Die Gedanken und edlen Bestrebungen dieses Wissenschaftlers galten dem gesamten Universum. Er erforschte und entwickelte die Prinzipien des Rückstoßantriebs, schlug ein Flüssigkeitstriebwerk für Raketen, „Raketenzüge“ (mehrstufige Raketen), künstliche Erdtrabanten und Orbitalstationen („Äthersiedlungen“) vor. Besonders wichtig war aber, daß Ziolkowski in der Erforschung und Bezwingung des Weltraums eine Aufgabe sah, deren Lösung der ganzen Menschheit dienen sollte. Die Übersiedlung der Menschen auf andere Planeten wegen der begrenzten Abmessungen und Ressourcen der Erde sollte nach Ansicht von Ziolkowski das Ziel der Raumfahrt sein. Er glaubte daran, daß die Menschheit mit der Entwicklung der Kosmonautik die Schönheit des Alls erkennen und diese sich zu eigen machen würde, um sich selbst ethisch zu vervollkommen, humaner und besser zu werden.

Bereits die ersten künstlichen Erdsatelliten brachten viele neue Informationen bei der Bewältigung der Aufgaben des Internationalen Geophysikalischen Jahres. Die Menschheit öffnete eine weitere Tür ins Reich des Wissens. Der Vorstoß in den Kosmos führte zu grundsätzlich neuen Kenntnissen über unseren Planeten. Die Autoren dieses Buches haben recht: Der Mensch ist für die Erde ins All geflogen.

Besonders denkwürdig war der April 1961. Juri Gagarin flog damals als erster Erdbewohner in den kosmischen Raum. Diese Zeit werde ich nie vergessen. Zusammen mit Juri Gagarin bereitete ich mich damals auf einen uns allen noch völlig rätselhaften Flug vor. Alles geschah zum ersten Mal. Wir wußten nicht, welchen Empfang uns der Kosmos bereiten würde. Wir konnten uns nicht vorstellen, was Dauerschwerelosigkeit bedeutete, wie der menschliche Organismus den Übergang von den extremen Überlastungen beim Start zur Schwerelosigkeit im Orbitalflug und umgekehrt bei der Rückkehr zur Erde verträgt. Niemand konnte garantieren, daß die so komplizierte neue Raumfahrttechnik auch zuverlässig funktionieren wird. Die Weiten des Alls zogen uns jedoch in ihren Bann. Wie ist es dort? Wie sieht unsere Erde aus kosmischer Höhe aus? Wie ist das kosmische Vakuum? Wir wollten über die Möglichkeiten, die Rolle und Bedeutung des menschlichen Faktors im Weltraumflug Klarheit erlangen. Unter Anleitung hervorragender Wissenschaftler und Fachleute bereiteten wir uns, junge sowjetische Flieger, auf den Vorstoß in den Kosmos vor und vollbrachten ihn schließlich auch. Der erste war Juri Gagarin. Als

zweiter flog German Titow. Der dritte war Andrijan Nikolajew, ihm folgte ich. Wir unternahmen zum ersten Mal einen Gruppenflug mit zwei Raumschiffen. Das war im August 1962.

Junge Tage,
Frühlingstage,
Vergiß sie nie,
Vergiß sie nie!

So schrieb einst der ukrainische Dichter Iwan Franko. Diese Tage sind tatsächlich unvergeßlich. Denn das war die Jugend, der Frühling der Raumfahrt...

Die Zeit verfliegt schnell. In den dreißig Jahren haben die Menschen bei Raumflügen große Erfahrungen gesammelt und ihr Wissen über die Erde und das All wesentlich erweitert. So weiß man jetzt beispielsweise, daß die Erde mehrere Strahlungsgürtel besitzt. Man hat die Struktur der Magnetosphäre untersucht und sich davon überzeugt, daß unser Planet mit dem Weltraum (Verhältnis Sonne–Erde usw.) aufs engste verbunden ist. Wir haben inzwischen gelernt, Bodenschätze aus dem Orbit zu erkunden. Dank der Entwicklung von Nachrichtensatelliten haben das Fernmeldewesen und Fernsehen gewaltige Fortschritte gemacht. Unser Alltag wäre heute ohne diese Nachrichten- und Fernsehsatellitensysteme bereits unvorstellbar. Die ersten Kontakte zu anderen Himmelskörpern (Mond, Mars und Venus) sind hergestellt. Von besonderem Interesse ist aber heutzutage der erdnahe Weltraum. Er ist mit zahlreichen Satelliten verschiedener Bestimmung regelrecht gespickt, die unser Wissen um die Erde erweitern und vertiefen, wichtige volkswirtschaftliche Aufgaben und Probleme lösen und zur weiteren Entwicklung von Wissenschaft und Technik beitragen.

Die Autoren des Buches A. Kowal und L. Dessinow, bekannte sowjetische Experten auf dem Gebiet der kosmischen Erderkundung, haben an bedeutenden internationalen Programmen zur Untersuchung der natürlichen Umwelt mit Hilfe der sowjetischen Orbitalstationen Salut 6 und Salut 7 teilgenommen. Aus diesem Grund enthält das Buch umfangreiches Tatsachenmaterial über die kosmische Erderkundung, das bei der Realisierung beispielsweise des Programms „Biosphäre“ gewonnen wurde, an dem Wissenschaftler aus der Sowjetunion, der DDR, der VR Bulgarien, der Ungarischen VR, der SR Vietman, der Republik Kuba, der Mongolischen VR und der SR Rumänien teilnahmen. Auch auf das sowjetisch-indische Programm „Terra“ wird im Buch eingegangen.

Die Flüge in sowjetischen Orbitalstationen – an einem, in Salut 3, habe auch ich mitgewirkt – bewiesen den außerordentlich großen Nutzeffekt der unmittelbaren Teilnahme der Kosmonauten an den visuellen und Instrumentalbeobachtungen der Natur. Denn dabei kann sich der Raumfahrer voll als Forscher betätigen, der außer den Geräten noch über ein so großartiges Instrument wie die Augen verfügt, deren Qualitäten bei der Spektralauflösung und Farbunterscheidung einmalig sind. Der Kosmonaut kann darüber hinaus durch die verschiedenen Bordfenster Objekte in verschiedenen Beobachtungszonen betrachten, Nachschlagewerke, spezielle Bordkarten und andere Materialien benutzen. Dank diesem Umstand beobachtete und untersuchte ich beispielsweise aus dem Weltraum solche interessanten natürlichen

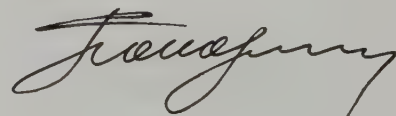
Prozesse und Erscheinungen wie Sandstürme von gewaltiger, manchmal interkontinentaler Ausdehnung, Farbanomalien in verschiedenen Teilen des Weltmeeres sowie geologische Strukturen, die auf kosmischen Aufnahmen nicht zu erkennen sind. Die mit Handkameras bei verschiedener Beleuchtung und unterschiedlichem Blickwinkel gemachten gezielten Aufnahmen natürlicher Objekte ließen das erkennen, was beim automatischen Fotografieren gewöhnlich nicht erfaßt wird.

Aus dem Kosmos bietet unser Planet ein unbeschreiblich schönes Bild: eine schillernde Farbenvielfalt, die vertrauten Umrisse der Kontinente, die Gebirgssysteme, bizarre und verschiedenartige Wolkengebilde. Ein Raumfahrer umfliegt die Erde in knapp anderthalb Stunden, was deutlich erkennen läßt, daß unser heimatlicher Planet wirklich klein und schutzlos ist. Völlig neue Empfindungen kommen dabei auf. Ganz anders betrachtet man das Problem des Naturschutzes. Aus dem Weltraum sind die Grenzen zwischen den Ländern unsichtbar. Die Natur, die allen Erdbewohnern dient, kennt keine Grenzen. Besonders bewußt wird einem deshalb die Verantwortung für die Ordnung im kosmischen Heim der Menschheit, auf unserer Erde, die nicht mehr als ein Staubkörnchen in den grenzenlosen Weiten des Alls ist.

Die Raumfahrt zeigte der Menschheit, daß die Möglichkeiten des Fortschritts grenzenlos sind. Ein weiterer Aufschwung der Wissenschaft, der Vorstoß in die unendlichen Weiten des Alls und die Vertiefung der Kenntnisse über unseren Planeten – all das ist eine Folge der stürmisch fortschreitenden Raumforschung. In den letzten Jahren wurden wir Zeugen dessen, daß bestimmte reaktionäre Kreise versuchen, den Kosmos für die Schürung der politischen Spannungen in der Welt und für militärische Zwecke zu mißbrauchen. Die Idee einer Militarisierung des Weltraums verstößt gegen den Geist der Raumforschung. Dennoch hat sie eifrige Befürworter in den USA gefunden. Für diese Idee hat man einen neuen Namen erfunden: „Strategische Verteidigungsinitiative“. Gemeint ist die Schaffung eines Raketenabwehrsystems, das zum Teil im Weltraum stationiert werden soll.

Die Sowjetunion setzt sich tatkräftig und konsequent für das Verbot der Weltraumwaffen ein. Das Ziel des sowjetischen Raumforschungsprogramms ist die Erschließung und Nutzung des Weltraums nur zu friedlichen Zwecken. Die sowjetischen Friedensinitiativen sind allgemein bekannt. Wir sind gegen nukleare, kosmische und andere aggressive Kriege. Wir treten für Frieden und Zusammenarbeit, für gleiche Sicherheit und Beseitigung der Angst vor dem atomaren Inferno ein. Diese Haltung der Sowjetunion hat in vielen sowjetischen Abrüstungsinitiativen ihren Niederschlag gefunden. Die UdSSR ist bestrebt, die Militarisierung des Weltraums zu verhindern. „Alle Menschen wollen leben, niemand will sterben. Deshalb müssen wir politischen Mut fassen und den fortschreitenden unheilvollen Prozeß stoppen“, hob in diesem Zusammenhang der Generalsekretär des ZK der KPdSU, M. S. Gorbatschow, hervor.

P. R. POPOWITSCH, zweifacher Held der Sowjetunion, Fliegerkosmonaut der UdSSR, Generalmajor der Fliegerkräfte, Kandidat der technischen Wissenschaften



Kosmische
Naturerkundung

Die Raumfahrt ist eine gigantische Stufe beim weiteren Aufstieg der Menschheit auf dem Wege des Fortschritts. Sie ist heute kein Traum mehr und auch keine kühne Prophezeiung von Enthusiasten der Weltraumerschließung, sondern bereits Realität.

Systeme der kosmischen Nachrichtenverbindung und der Meteorologie, der Navigation und Geodäsie, der Untersuchung der Wechselwirkung Sonne-Erde und der Magnetosphäre, der Erkundung von Naturschätzen und der Umweltforschung dienen den Menschen schon seit Jahren erfolgreich und wirksam. Viele außerordentlich wichtige Aufgaben, die mit dem Wärmeenergie- und Lebensmittelprogramm, mit dem Umweltschutz, der komplexen Erfassung der natürlichen Ressourcen unseres Planeten sowie mit der rationellen Standortverteilung der Produktivkräfte in der Volkswirtschaft und mit der Optimierung der Wechselwirkung zwischen Gesellschaft und Natur zusammenhängen, werden mit Hilfe der Raumfahrttechnik gelöst. Das berechtigt zu der Feststellung, daß der Mensch in den Kosmos aufgestiegen ist und ihn für die Erde erschließt.

DAS NEUE ZEITALTER

Der Mensch träumte schon in alten Zeiten von Flügen zu den Sternen. Die Verwirklichung dieses Traums ist aber erst beim heutigen hohen Entwicklungsstand von Wissenschaft und Technik möglich geworden. Ende des 19. Jahrhunderts entstanden die ersten wissenschaftlichen Abhandlungen auf dem Gebiet der Raumfahrt, deren Begründer der große russische Gelehrte Konstantin Ziolkowski (1857 bis 1935) war (Abb. 239).

Die Idee von einer Reise zu anderen Planeten sprach er bereits in seinen Jugendjahren aus. Dazu schrieb er folgendes: „Den Wunsch nach Reisen in den Weltraum weckte in mir der berühmte

Unser Planet ist groß und vielfältig, aber zugleich in seinen Ausmaßen und Ressourcen begrenzt. Heute leben auf dem Erdball etwa 4,5 Mrd. Menschen, während seine Oberfläche lediglich 511 Mill. km² beträgt, von denen 361,1 Mill. km² auf das Weltmeer und weitere 18 Millionen km² auf die Antarktis und Grönland entfallen, wo praktisch kaum Menschen leben. Man muß noch Hochgebirgsgegenden und Wüsten hinzurechnen. Dabei berechtigen die errechneten Prognosen zu der Annahme, daß die Erdbevölkerung bis zum Jahre 2000 auf 6,7 Milliarden und bis zum Jahre 2050 auf 10,5 Milliarden anwachsen wird. Das kann eine weitere Zuspitzung der Probleme hinsichtlich eines hohen Lebensstandards für alle auf unserem Planeten, hinsichtlich der landwirtschaftlichen Nutzfläche, des Baus von Städten, Verkehrswegen und Industriebetrieben bewirken. Auch die Bodenschätze sind begrenzt. Viele von ihnen erschöpfen sich allmählich. UNO-Angaben zufolge sollen beispielsweise die Weltvorkommen an Erdöl bis zum Jahre 2500 aufgebraucht sein. Bei Steinkohle geschähe das um das Jahr 2100, bei Erdgas um das Jahr 2015.

Schwärmer Jules Verne. Er lenkte meine Gedanken in diese Richtung. Natürlich führen sie zu nichts, wenn sie ohne die Hilfe der Wissenschaft bleiben. Außerdem glaubte ich, vielleicht irrümlicherweise, daß die Hauptideen und die Liebe zum ewigen Drang dorthin, zur Sonne und zur Befreiung von den Ketten der Erdanziehungskraft, in mir beinahe seit der Geburt leben...“

Im Jahre 1883 beschrieb Ziolkowski in seiner Abhandlung „Der freie Raum“ erstmalig ein Raumschiff mit einem Rückstoßtriebwerk. Im weiteren wurde seine hartnäckige theoretische Arbeit am Problem des Raketenfluges durch neue hervorragende Ergebnisse gekrönt. 1903

Hierbei handelt es sich anscheinend nur um bereits erschlossene Bodenschätze. Deshalb stellt sich mit aller Schärfe die Frage nach der weiteren allseitigen Erkundung der Bodenschätze, der komplexen Aufdeckung aller Ressourcen der Biosphäre.

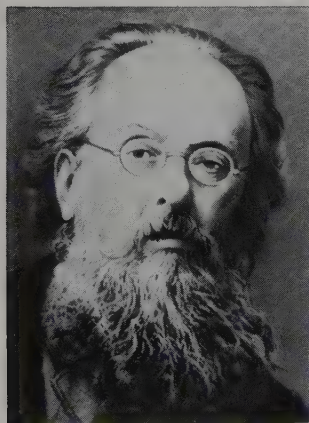
Als Biosphäre bezeichnet man gemeinhin den von Lebewesen bewohnten oder bewohnbaren Raum der Erde. Zur Biosphäre gehören also alle Kontinente, das Weltmeer, die untere Schicht der Erdatmosphäre und die oberen Schichten der Lithosphäre (oberste Erdschale in einer Tiefe von 1200 km). Daraus geht klar hervor, daß die wichtigsten Naturschätze der Erde die der Biosphäre sind, die damit immer stärker zur wichtigsten Komponente der Infrastruktur der gesellschaftlichen Produktion und Konsumtion in der Gegenwart wird. Wir haben es also mit dem Problem eines ökologisch-ökonomischen Systems zu tun, das ein wechselseitiges Funktionieren der anthropogenen und natürlichen Prozesse darstellt, wie sie im Weltmaßstab in der Biosphäre verlaufen. Es ist nur allzu natürlich, daß die Naturressourcen mit höchstmöglicher wirtschaftlicher Effektivität genutzt werden müssen. Dazu sind laufende Informationen (Monitoring) über die Biosphäre nötig, was für eine zielgerichtete Lenkung der Prozesse zur Nutzbarmachung der Natur unentbehrlich ist.

Die Kosmonautik erschloß neue Möglichkeiten für die komplexe Erforschung unseres Planeten. Mit Hilfe künstlicher, die Erde umkreisender Satelliten ist es möglich geworden, die gesamte Erdoberfläche schnell und re-

gelmäßig zu untersuchen. Der Blick aus dem Weltraum auf die Erde erlaubt es, alle Räume unseres Planeten, alle in der Erdrinde vor sich gehenden Prozesse und Erscheinungen zu erfassen und eine reale Vorstellung von der „lebenden“ Biosphäre zu erhalten, von den Rhythmen der biochemischen Lebensvorgänge. Dieses globale und zugleich detaillierte Abbild unseres Planeten aus der Sicht des Weltraumes ist etwas Neues und Wichtiges auf dem Wege zum tieferen Verständnis der Naturvorgänge, der Wechselwirkung und der gegenseitigen Abhängigkeit ihrer einzelnen Komponenten und Erscheinungen.

Noch bedeutsamer sind die aus dem Weltraum vorgenommenen Untersuchungen der Erde im Hinblick auf die kosmophysikalische Beeinflussung der Biosphäre. Unser Planet ist ein Teil des Kosmos und mit diesem durch unsichtbare Fäden verbunden. Bei der Erforschung der Erde aus dem Weltraum überwandene wir geozentrische Ansichten über unseren Planeten und seine Naturbedingungen; wir begriffen, wie lebenswichtig der Einfluß des Kosmos auf unseren Planeten ist sowie auf alles, was auf ihm existiert.

Die Erde ist von einer Magnetosphäre und von Strahlungsgürteln umgeben, die sich mit dem Kosmos in einer Wechselwirkung befinden. Bereits die ersten künstlichen Erdsatelliten der Geschichte gestatteten es, eine zuvor unbekannte Naturerscheinung zu entdecken, die nicht nur von einem außerordentlichen wissenschaftlichen Interesse, sondern auch von großer praktischer



erschien die klassische Abhandlung des Wissenschaftlers „Die Erforschung des Weltraums mit rückstoßangetriebenen Apparaten“. Diese Publikation legte eine Theorie des Raketenfluges dar und begründete die Möglichkeit, Raketenapparate für den interplanetaren Verkehr zu benutzen.

Im Jahre 1897 leitete Konstantin Ziolkowski die Abhängigkeit der Fortbewegung der Rakete von der Austrittsgeschwindigkeit der Gase aus den Düsen eines Raketentriebwerks sowie das Verhältnis der Anfangs- bzw. Startmasse der Rakete (ohne

Berücksichtigung der Schwerkraft und des Luftwiderstandes) zu deren Endmasse ab. 1903 entwarf er ein Konstruktionsschema einer Flüssigkeitsrakete.

In seinen Abhandlungen zur Idee der Raumfahrt wird diese als neuer Bereich der menschlichen Tätigkeit betrachtet, dessen Ziel das Wohl der Menschen ist. Konstantin Ziolkowski schrieb: „Das Hauptmotiv meines Lebens ist, für die Menschen etwas Nützliches zu leisten, das Leben nicht umsonst zu verleben und die Menschheit, wenn auch nur ein wenig, voranzubringen. Deshalb interessierte ich mich dafür, was mir weder Brot noch Einfluß einbrachte. Ich hoffe aber, daß meine Arbeiten – vielleicht

Abb. 239. Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski

Bedeutung ist. Es stellte sich heraus, daß die Erde von Gebieten stark konzentrierter Ladungsteilchen (Elektronen und Protonen) umgeben ist, die den Namen Strahlungsgürtel der Erde erhielten. Die Ausdehnung dieser Gürtel auf der Tagseite der Erde ist viel größer als die auf der Nachtseite. Meßsatelliten und auch Meßgeräte in anderen Raumflugkörpern machten es möglich, nicht nur die Konzentration der Ladungsteilchen zu messen und die Grenze der Strahlungsgürtel zu bestimmen, sondern auch Informationen über ihre Struktur, über Energie sowie Geschwindigkeit und Flußdichte zu sammeln.

Seit langem war bekannt, daß unser Planet ein großer Magnet ist. Mit Hilfe künstlicher Erdsatelliten konnten Angaben über die Spanningskräfte des geomagnetischen Feldes in großer Höhe gewonnen und dessen Grenzen abgesteckt werden, das heißt die Grenzen der Magnetosphäre der Erde, in deren Bereich das Spannungsfeld durch die erdmagnetischen Kräfte bestimmt wird, während außerhalb dieses Bereichs das interplanetare Magnetfeld eine dominierende Rolle spielt. Es wurde festgestellt, daß die Magnetosphäre ellipsenförmig und gegenüber der Erde nicht symmetrisch verläuft: auf der Tagseite ist sie etwas zusammengedrückt, auf der Nachtseite ist sie ein weit auseinandergezogener Schweif. Die ganze Magnetosphäre „atmet“, pulsiert in Abhängigkeit vom Wechsel kosmophysikalischer Einwirkungen, insbesondere von der Sonnenaktivität. Die kosmischen Untersuchungen haben ergeben, daß sehr viele

„Anlaßmechanismen“ der Naturerscheinungen und -prozesse, die auf der Oberfläche der Erde und in ihrem Schoß vor sich gehen, ausgerechnet dort—in diesen atmosphärischen Schichten unseres Planeten—angesiedelt sind. Der Sonnenwind (von der Sonne ausgestrahlter stetiger Strom geladener Teilchen) übt beispielsweise einen spürbaren Einfluß auf die Magnetosphäre aus: Er bewirkt, daß sie, wie bereits gesagt, auf der Tagseite zusammengedrückt ist und sich auf der Nachtseite ausdehnt. Das Studium dieser Wechselwirkung zwischen Sonne und Erde bietet die Möglichkeit, Erscheinungen zu prognostizieren, die sich in der hohen Erdatmosphäre abspielen und letzten Endes das Wetter, das Klima, das Befinden des Menschen, die seismische Aktivität usw. beeinflussen.

Das Studium der hohen Atmosphäre mit Hilfe von künstlichen Erdsatelliten und Orbitalstationen vermittelt eine Vorstellung von der Ionosphäre und den sich in ihrem Inneren abspielenden elektrischen Vorgängen.

Die Ionosphäre befindet sich 50 bis 100 Kilometer über der Erdoberfläche. Sie ist eine elektrisch leitende Schicht der Atmosphäre mit einer großen Menge an freien geladenen Elektronen und Ionen. Quellen der Ionisierung der hohen Atmosphäre sind die ultraviolette und die Röntgenstrahlung der Sonne sowie kosmische Strahlen. Die Ionosphäre geht nach und nach in das interplanetare Plasma über.

Die Atmosphäre der Erde, darunter auch die Ionosphäre, die Magnetosphäre und die Strahlungsgürtel, bildet einen zuverlässigen biologi-



recht bald, vielleicht aber auch erst in einer entfernten Zukunft—der Gesellschaft Unmengen Brot und eine uneingeschränkte Macht verschaffen werden.“

Konstantin Ziolkowski betrachtete als erster die Welt und den Platz des Menschen in ihr vom kosmischen Standpunkt aus. Er war der Meinung, daß die Menschheit allen Grund zu „kosmischem Optimismus“ hat.

Viel Aufmerksamkeit schenkte der große Gelehrte der „kosmischen Ethik“, deren Hauptgedanke die humane Einstellung der Menschen zum Weltall und zu vernunft-

begabten Lebewesen auf anderen Planeten war, denn er glaubte an zukünftige Kontakte mit solchen Lebewesen. Ziolkowski war überzeugt, im Weltall werde nur ein vollkommenes Leben erhalten bleiben. Das sei ein unerläßliches Entwicklungsgesetz.

In den 20er und 30er Jahren unseres Jahrhunderts haben in der Sowjetunion unter dem Einfluß der Ideen Ziolkowskis Arbeiten auf dem Gebiet der Raketen-triebwerke und der mit ihnen ausgestatteten Weltraumfahrzeuge weitgehende Entwicklung erfahren. Viele talentvolle Wissenschaftler und Konstrukteure schufen das wissenschaftlich-technische Fundament der sowjetischen kosmischen

Abb. 240. Sergej Pawlowitsch Koroljow

schen Schutz für alle Lebewesen vor der schädlichen Strahlung der Sonne, die einen gigantischen natürlichen thermonuklearen Magnet darstellt.

In diesem Zusammenhang gewinnen in unseren Tagen die Worte des großen sowjetischen Wissenschaftlers W.I. Wernadski einen besonderen Sinn, wenn er sagt: „... Die Biosphäre erhält eine völlig neue Auslegung. Sie äußert sich als eine Planetenerscheinung kosmischen Charakters“ und weiter: „Die Erde stellt einen bestimmten räumlich-zeitlichen Teil unserer Milchstraße dar – des Sternensystems.“

Die Untersuchung der Erde aus dem Kosmos, das Studium der Sonne-Erde-Beziehungen und der kosmischen Einwirkung auf alle atmosphärischen Schichten unseres Planeten schaffen bereits heute Voraussetzungen für ein tiefgreifendes Verständnis wetterbildender Prozesse und des Klimas. Es ist nicht ausgeschlossen, daß es in 20 bis 30 Jahren möglich sein wird, das Wetter zu steuern: den Taifunen, heißen Winden, verheerenden Regenfällen und dem Hagel vorzubeugen. Das würde nicht nur die Lebensbedingungen auf der Erde verbessern, sondern auch hohe Ernteerträge in der Landwirtschaft garantieren sowie die Bedingungen für einen gefahrloseren Luft- und Seeverkehr usw. schaffen. Kosmische Systeme werden sich nicht auf die Sammlung meteorologischer Angaben in globalem Maßstab beschränken, sondern auch aktiv in die Witterungsprozesse eingreifen. Der Mensch wird jedoch nicht nur das Wetter steuern lernen. Informationen aus

dem Kosmos werden es ermöglichen, eine auf physikalischer Grundlage beruhende Theorie des Klimas auszuarbeiten, auf deren Basis die Steuerung des Klimas möglich sein wird. Damit wird der Mensch in der Lage sein, optimale Umweltbedingungen auf seinem Planeten zu schaffen.

Bereits die ersten sowjetischen künstlichen Erdsatelliten waren für die Lösung einer Reihe wichtiger geophysikalischer Aufgaben bestimmt. Das vom 1. Juli 1957 bis zum 31. Dezember 1958 absolvierte Programm des III. Internationalen Geophysikalischen Jahres sah komplexe Forschungen über komplizierte Erscheinungen vor, die mit dem Leben auf unserem Planeten zusammenhängen. Mit Hilfe der drei ersten Satelliten wurden die hohe Atmosphäre, die Ionosphäre, das erdmagnetische Feld und das elektrostatische Feld der Erdatmosphäre untersucht.

In den folgenden Jahren stiegen Hunderte von künstlichen Satelliten aus verschiedenen Ländern in den Kosmos auf. Sehr viele von ihnen waren für die Untersuchung der Erde, für die Erforschung ihrer Naturressourcen bestimmt.

Am 12. April 1961 hat der erste Kosmonaut der Erde – Juri Alexejewitsch Gagarin – den Weg in den Kosmos gebahnt. Als er die Erde aus dem Orbit beobachtete, sagte er: „Aus der Höhe ist die Tagseite der Erde sehr gut zu sehen, deutlich zu erkennen sind die Küsten der Kontinente, Inseln, Ströme und große Binnenseen sowie das Geländere Relief...“ Inzwischen hat die bemannte

Raketentechnik. Einen besonderen Platz nimmt unter ihnen Sergej Koroljow (1906–1966) ein, der zum Chefkonstrukteur der ersten Trägerraketen und Raumflugkörper der Welt werden sollte (Abb. 240). Am 4. Oktober 1957 überwand eine Schöpfung von Menschenhand zum erstenmal in der Geschichte die Erdanziehungskraft und wurde zu einem künstlichen Himmelskörper. Eine in der Sowjetunion unter Leitung von Sergej Koroljow entwickelte Trägerrakete brachte den ersten künstlichen Erdsatelliten auf eine Erdumlaufbahn (Abb. 241). Der Erdtrabant, dessen russische Bezeichnung Sputnik bald in aller Welt gebraucht wurde, hatte eine Masse von

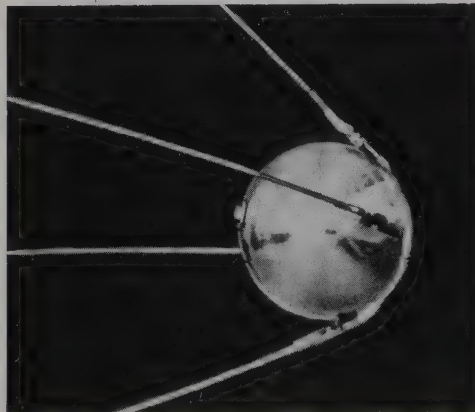


Abb. 241. Der erste künstliche Erdsatellit kündigte den Beginn des kosmischen Zeitalters der Menschheit an. Sein Start erfolgte am 4. Oktober 1957 vom Kosmodrom Baikonur. Der Satellit war kugelförmig, hatte einen Durchmesser von 58 cm und wog 83,6 kg. Mit den installierten Geräten wurde die Ausbreitung von Radiowellen in der Ionosphäre untersucht.

Raumfahrt einen weiten Weg zurückgelegt. Während Juri Gagarin nur einmal unseren Planeten umflog und im Kosmos etwa anderthalb Stunden verbrachte, lebten und arbeiteten die Fliegerkosmonauten der UdSSR L. D. Kisim, W. A. Solowjow und O. J. Atkow ohne Unterbrechung 237 Tage in der Orbitalstation Salut 7, um die Erde im Interesse der Wissenschaft und Volkswirtschaft zu beobachten und zu fotografieren. Heute wundert es niemand mehr, daß der Kosmos bei der Erkundung neuer Bodenschätze hilft, so von Erdöl und Erdgas, Erzen und Grundwasservorkommen in dürregefährdeten Gebieten. Einen hohen Nutzeffekt hat die kosmische Untersuchung der Erdressourcen, der Wälder, der landwirtschaftlichen Nutzfläche und der Bodenbeschaffenheit, der Bodenerosionsgefahr, der Schneedecke und Gletscher sowie geologischer Strukturen und des Küstenschelfs. Gut sichtbar sind aus dem Kosmos die biologische Aktivität des Weltmeeres, meteorologische Erscheinungen, Waldbrände, Vulkanausbrüche, Sandstürme, die anthropogene Verschmutzung der Umwelt und vieles andere.

Auf Hunderte Millionen Rubel oder Dollar beläuft sich der konkrete Gewinn, den die kosmische Erforschung der Natur bringt. Die Zeitersparnis bei der Lösung der einen oder anderen volkswirtschaftlichen Aufgabe, beispielsweise auf dem Gebiet der Kartierung, bei der Suche nach Bodenschätzen usw., leistet aber einen noch gewichtigeren Beitrag für die Volkswirtschaft, indem sie zahlreiche hochqua-

lifizierte Arbeiter oder Angehörige des ingenieurtechnischen Personals für andere Aufgaben freisetzt.

Die Möglichkeiten der Erderkundung mit Hilfe kosmischer Technik sowie neuartiger Geräte für die Fernsondierung der Erde, die Entwicklung verschiedenartiger automatisierter Systeme zur Verarbeitung geokosmischer Informationen sind zur technischen Basis einer neuen theoretischen praxisbezogenen Richtung in der Wissenschaft über die Erde und in der Volkswirtschaft geworden. Heute hat diese Richtung zwei Bezeichnungen: die kosmische Bodenerkundung und die kosmische Naturerkundung. Da die geokosmische Forschung alle Schichten unseres Planeten einschließlich des erdnahen Weltraumes umfaßt, geben wir dem zweiten Begriff – der kosmischen Naturerkundung – den Vorzug. Wichtig ist dabei, daß zu ihren Hauptaufgaben auch die komplexe Erforschung der Naturressourcen auf der Grundlage kosmischer Informationen gehört. Im Unterschied zu den traditionellen Methoden erfolgt sie nach dem Prinzip „vom Allgemeinen zum Konkreten“, was ihr eine besondere Effektivität verleiht.

Wie die Erfahrungen zeigen, leistet die kosmische Naturerkundung einen unschätzbaren Beitrag zur Entwicklung der Geologie, Ozeanologie, Land- und Forstwirtschaft, Hydrologie, Glaziologie, Meteorologie, der komplexen Erfassung der Naturressourcen sowie des Umweltschutzes.

83,6 kg (der erste in den Vereinigten Staaten von Amerika am 1. Februar 1958 gestartete künstliche Satellit Explorer 1 hatte eine Masse von 8,3 kg). So begann das kosmische Zeitalter, das von Ziolkowski so kühn vorausgesagt worden war.

Der Flug des ersten Sputniks gestattete es, die dem Raumflugkörper zugrunde gelegten wissenschaftlichen und ingenieurtechnischen Lösungen zu überprüfen, die Ausbreitung der Radiowellen in der Ionosphäre zu untersuchen und die Dichte der oberen Atmosphärenschichten (nach der atmosphärisch bedingten Abbremsung des Sputniks) experimentell zu messen. Den Flug des ersten künstlichen Erdtrabanten verfolgte

man nicht nur in der Sowjetunion, sondern auch in Observatorien vieler anderer Länder. Interessante Angaben liefen aus Edinburgh (England), Dunsink (Irland), Nanking (China), Poznań (Polen), Potsdam (DDR) sowie aus anderen Ländern der Welt ein. Die Ergebnisse der weltweiten Beobachtungen zeigten, daß die Berechnungen und die praktischen Daten weitgehend übereinstimmen.

Am 3. November 1957 wurde der zweite sowjetische künstliche Erdsatellit gestartet, an dessen Bord sich Geräte zur Untersuchung der Sonnenstrahlung im ultravioletten und Röntgenbereich befanden. Solche Untersuchungen konnten auf der

EINE NEUE SEITE IN DER INTERNATIONALEN ÖKONOMISCHEN UND WISSENSCHAFTLICH- TECHNISCHEN ZUSAMMENARBEIT

„Die Erde ist die Wiege der Menschheit, doch kann man nicht ewig in einer Wiege leben.“ Diese Worte von Konstantin Ziolkowski spiegeln sehr treffend das machtvolle Streben der Zivilisation nach Entwicklung und den unaufhaltsamen Drang nach Bezwingung der Weiten des Alls wider. Nachdem der Mensch von seinem Planeten in den Weltraum aufgestiegen war, erkannte er aber auch, daß die Erde nicht einfach seine Wiege ist, sondern sein Zuhause im Weltall. Bei der Erforschung des Sonnensystems hat der Mensch dort bis jetzt noch keinen Platz gefunden, der den Bedingungen eines auch nur annähernden behaglichen Lebens, wie wir es auf der Erde gewohnt sind, entsprechen würde. Der Mensch hat daneben noch etwas anderes entdeckt: Unsere Erde ist, insbesondere im Vergleich zum unendlichen und eigentlich auch recht ungemütlichen Weltraum, relativ klein. Daraus lassen sich zumindest zwei Schlußfolgerungen ziehen. Erstens muß man den Zustand der Erde so aufrechterhalten und bewahren, daß die Lebens- und Arbeitsbedingungen auf ihr mit der Zeit nicht schlechter, sondern besser werden. Zweitens muß man zur

Erhaltung unseres Planeten und seiner Biosphäre ihn gründlich und allseitig erforschen.

Gerade deshalb ist die Raumfahrt heute in erster Linie auf die Lösung derartiger Aufgaben gerichtet. Mit der kosmischen Technik hat die Menschheit die Voraussetzungen für eine globale Erforschung der Erde geschaffen. Eine wichtige Besonderheit dieser Erforschung besteht darin, daß sie im Interesse aller Erdbewohner durchgeführt wird, d. h. ihrem Wesen nach von internationaler Bedeutung ist, denn die Natur kennt keine Grenzen. Sie ist Eigentum der gesamten Menschheit. Deshalb muß ihre Erforschung auf internationaler Grundlage erfolgen.

In der Schlußakte der Konferenz von Helsinki sind die Staatsoberhäupter von 33 europäischen Ländern sowie der USA und Kanada übereingekommen, daß zu den Hauptgebieten der Zusammenarbeit auch die Erforschung des Weltraums und die Untersuchung der natürlichen Ressourcen der Erde und ihrer Biosphäre mittels Fernbeobachtungen, insbesondere mit Hilfe von Satelliten und Raketen-sonden, gehören.

Erde wegen der Schirmwirkung der Atmosphäre nicht durchgeführt werden. Außerdem wurde die kosmische Strahlung untersucht. Besonders beeindruckend war aber das Experiment zum Studium des Einflusses der Raumflugbedingungen auf den lebenden Organismus. Zu diesem Zweck befand sich an Bord des Satelliten die Polarhündin „Laika“. Der zweite Sputnik hatte schon ein Gewicht von 508,3 kg.

Am 15. Mai 1958 stieg der dritte sowjetische künstliche Erdsatellit in den Weltraum auf. Nach seinen technischen Daten übertraf er wesentlich seine Vorgänger. Seine Masse belief sich auf 1327 kg. Nach dem Umfang seiner Experimente

konnte er als Prototyp der ersten automatischen wissenschaftlichen Orbitalstation gelten.

Diese ersten drei sowjetischen Satelliten führten vor allem Untersuchungen nach dem Programm des Internationalen Geophysikalischen Jahres aus. Das Programm diente der wissenschaftlichen Naturerkundung aus dem Kosmos und zählte 64 Länder zu seinen Teilnehmern. Im weiteren wurden Hunderte Satelliten und andere Raumflugkörper von sowjetischen Kosmodromen gestartet. Von Anfang an war das sowjetische Programm der Raumforschung auf friedliche Ziele und auf die Befriedigung der Bedürfnisse der Menschheit ausgerich-

Die Zahl der Staaten, die ihren Beitrag zur Entwicklung der Raumfahrt leisten, wächst von Jahr zu Jahr. Das erklärt sich aus vielerlei Gründen. Dazu zählen auch eine erhebliche „Verbilligung“ der Raumfahrttechnik, eine größere Lebensdauer von kosmischen Systemen, die wesentlich höhere Zuverlässigkeit dieser Systeme, die vorgenommene Vereinheitlichung sowie die Kooperation verschiedener Länder bei der Realisierung des einen oder anderen kosmischen Programms. Es gibt wohl kaum einen Bereich der modernen Wissenschaft und Technik, der in der einen oder anderen Form für die Raumfahrt nicht zum Brennpunkt geworden wäre und seine Widerspiegelung darin finden würde. Bereits jetzt wird der Integrationseffekt der kosmischen Industrie offensichtlich, der sich schon heute auf alle Wirtschaftszweige auswirkt und im weiteren immer spürbarere Resultate für den Fortschritt der nationalen Wirtschaften aller an den kosmischen Forschungen beteiligten Länder zeigen wird. Auf der Basis einer hochentwickelten Wirtschaft entstanden, ist die Raumfahrt ein mächtiger Hebel der weiteren allseitigen Entwicklung von Wirtschaft, Wissenschaft und Technik.

Die internationale Zusammenarbeit in der Raumforschung ist eine relativ neue Erscheinung. Sie berührt einen Komplex zwischenstaatlicher Beziehungen, die die unmittelbare Organisation des Prozesses von Forderungen und Neuentwicklungen sowie die Nutzung bereits gesammelter wissenschaftlich-technischer Kenntnisse auf diesem Gebiet betreffen.

Für die Entstehung einer wirksamen Raumforschung ist die Realisierung eines umfassenden Arbeitsprogramms zur Schaffung komplizierter kosmischer Projekte erforderlich, was nur bei Vorhandensein einer entsprechenden starken und leistungsfähigen Produktionsbasis, von Bodendiensten zur Erprobung kosmischer Objekte sowie der dazugehörigen Steuerungsmittel möglich ist. Die Erfüllung dieses Programms setzt großangelegte Arbeiten auf dem Gebiet Forschung und Entwicklung zur kosmischen Thematik voraus und verlangt praktisch die Entwicklung aller Richtungen des wissenschaftlich-technischen Denkens. Aufgrund der Dimensionen, in denen heute die Arbeiten zur Erforschung und Nutzung des Weltraums erfolgen, und wegen der hohen Ausgaben für die Entwicklung komplizierter kosmischer Systeme wissenschaftlicher und praktischer Bestimmung, in denen die neuesten Erkenntnisse von Wissenschaft und Technik Anwendung finden, stellt die internationale Zusammenarbeit in der Raumforschung einen neuen Zweig auf wirtschaftlichem und wissenschaftlich-technischem Gebiet dar.

Eine große Rolle bei der Entwicklung der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Raumforschung kommt der Organisation der Vereinten Nationen zu, die bereits zwei repräsentative Konferenzen zur Erforschung und Nutzung des Weltraums für friedliche Zwecke veranstaltet hat. An der ersten Konferenz von 1968 in Wien nahmen Delegierte aus 84 Ländern teil, während auf der zweiten



tet. Akademiemitglied Sergej Pawlowitsch Koroljow, der Begründer der praktischen Raumfahrt, sagte in diesem Zusammenhang: „Der Kosmos darf nur der Wissenschaft und einzig friedlichen Zwecken zum Wohl des Menschen dienen, der unermüdlich damit beschäftigt ist, die tiefsten Naturgeheimnisse zu lüften. Das ist der Weg, auf dem die sowjetische Raumforschung voranschreitet und verwirklicht wird.“

Die Realisierung eines großangelegten Satellitenprogramms begann in der UdSSR am 16. März 1962, als Apparate der „Kosmos“-Serie auf Erdumlaufbahnen ge-

schickt wurden. Dieses Programm sah u. a. das Studium der Konzentration geladener Teilchen in der Ionosphäre, der Korpuskelströme, der Teilchen geringer Energie, des Strahlungs- und des Magnetfeldes der Erde vor. Eine Reihe von Satelliten dieser Serie war für die Untersuchung der Naturressourcen der Erde, meteorologischer Erscheinungen und des Weltmeeres bestimmt. Mit Hilfe dieser Satelliten wurden auch Konstruktionselemente zukunftsorientierter Raumflugkörper sowie einer Reihe neuer Geräte und Bordsysteme überprüft.

Die Flugbahnen der Satelliten Kosmos liegen im Höhenbereich zwischen

Abb. 242. Satellit Elektron 1

Konferenz im August 1982 bereits 117 Länder vertreten waren. „Der Kosmos im Dienst der Menschheit“ lautete das Motto des sowjetischen Pavillons auf der anlässlich der UNO-Konferenz eröffneten internationalen Ausstellung. Eines der auf der Konferenz behandelten zentralen Probleme war die Erforschung der irdischen Naturressourcen aus dem Kosmos. Die Organisation der Vereinten Nationen veranstaltet außerdem regelmäßig Seminare, in denen sich Spezialisten aus verschiedenen Ländern die Erkenntnisse aneignen, die von den industriell hochentwickelten Staaten bei der Weltraumforschung gewonnen wurden.

Die Tätigkeit der UN-Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation (FAO) wird in den letzten Jahren immer enger mit der Raumforschung abgestimmt. Dabei rücken immer stärker in den Mittelpunkt Methoden zur Fernerkundung sich reproduzierender Naturressourcen, zur Kontrolle ihrer Veränderung, zur frühzeitigen Warnung vor potentiellen Gefahrensituationen sowie zur rationellen Nutzung der verschiedenen Arten dieser Ressourcen. Die FAO empfiehlt folgende Anwendungsbereiche der Fernbeobachtung und -erkundung der Erde aus dem Kosmos: Bestand an landwirtschaftlicher Nutzflächen und Bodenbeschaffenheit; Wasservorräte; Forstwirtschaft und Tierwelt; Fischereiwesen (im Weltmeer sowie in Küsten- und Binnengewässern); Auffinden von neuen Weideplätzen und günstigen Standorten zum Anlegen von Heuschlägen; Monitoring sowie Frühwarnung über für die Landwirtschaft

schädliche Erscheinungen; landwirtschaftliche Statistiken; thematische Kartierung. Die Tätigkeit der FAO erstreckte sich im Jahre 1982 auf 60 Länder. Damit fanden die reichhaltigen Erfahrungen der volkswirtschaftlichen Nutzung der Raumforschungserkenntnisse zunehmende Anwendung in den Entwicklungsländern auf allen Kontinenten.

Die Sowjetunion schenkte der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Raumforschung schon immer große Aufmerksamkeit. Besonders verbreitete Formen der Kooperation mit anderen Ländern sind der Start von in anderen Ländern entwickelten Satelliten mit Hilfe sowjetischer Trägerraketen; die Installation wissenschaftlicher Geräte aus anderen Ländern in sowjetischen Raumflugkörpern, die Schaffung internationaler Satellitensysteme volkswirtschaftlicher Zweckbestimmung, die Erarbeitung gemeinsamer Forschungs- und Experimentierprogramme, koordinierte Bodenbeobachtungen, gemeinsame Entwicklung wissenschaftlicher Geräte, die Durchführung, gemeinsamer theoretischer und Laborarbeiten.

Die Sowjetunion ist Initiator und Teilnehmer vieler großangelegter internationaler kosmischer Programme.

Auf Anregung der Sowjetunion haben die Vertreter der VRB, der CSSR, der DDR, der Republik Kuba, der MVR, der VRP, der SRR, der UdSSR und der UVR im November 1965 ein multilaterales Programm der Zusammenarbeit zur Erforschung und Nutzung des Weltraums



150 und 60 000 Kilometern. Wegen der breiten Palette der Bahnneigungen können die erforderlichen wissenschaftlichen Geräte in verschiedene Bereiche des erdnahen Weltraums befördert werden. Sowjetische Erdsatelliten lösen die verschiedensten Aufgaben, darunter geophysikalische. Im Januar 1964 brachte eine Trägerrakete das kosmische System „Elektron“ (Abb. 242, 243) auf eine Umlaufbahn. Es bestand aus zwei in verschiedener Orbitalhöhe fliegenden Satelliten. Mit Hilfe dieser Satelliten wurde das Magnetfeld der Erde gemessen, die Röntgenstrahlung der Sonne

Abb. 243. Satellit Elektron 2

und die Strahlungsintensität in verschiedenen Höhen untersucht. Auf der Grundlage der gewonnenen Angaben wurde eine dosimetrische Karte der Strahlung rund um unseren Planeten zusammengestellt. Eine solche Karte war für die Prognostizierung der Strahlungsicherheit bei bemannten Weltraumflügen unerlässlich. Die mit Hilfe des „Elektron“-Systems (zwei derartige Systeme wurden gestartet) durchgeführten Untersuchungen waren für die Erfüllung des Programms des Internationalen Jahres der ruhigen Sonne (1964) von großer Bedeutung.

Zur Untersuchung von Teilchen der kosmischen Strahlung superhoher Energie

ausgearbeitet. Im April 1967 wurde dieses Programm unter der Bezeichnung Interkosmos angenommen.

Im Jahre 1971 unterzeichneten diese Länder das Abkommen über die Schaffung der internationalen Organisation für Kosmische Nachrichtenverbindung Intersputnik. Die Unterzeichnerstaaten gründeten die internationale Organisation Intersputnik mit Sitz in Moskau. Gemäß dem Abkommen steht diese internationale Organisation allen Ländern offen.

Das Interkosmos-Programm umfaßt gegenwärtig ein Spektrum wissenschaftlicher Probleme in fünf Hauptrichtungen: Erforschung der physikalischen Eigenschaften des Weltraums, kosmisches Nachrichtenwesen, kosmische Meteorologie, kosmische Biologie und Medizin, Umweltforschung mit Hilfe kosmischer Technik. Für jede der genannten Richtungen sind Arbeitsorgane – ständige gemischte Arbeitsgruppen – gebildet worden.

Die bedeutendsten gemeinsamen Arbeiten im Weltraum führte die Sowjetunion mit den Ländern der sozialistischen Gemeinschaft sowie mit Frankreich, Indien, den USA, Schweden und Österreich durch.

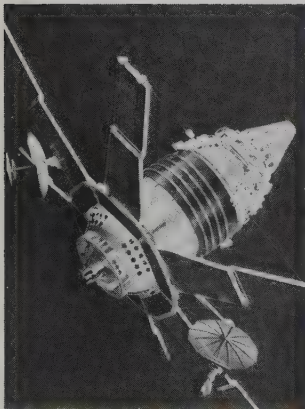
Die Weltraumforschungen im Rahmen des Interkosmos-Programms werden vorwiegend mit Interkosmos-Satelliten, bemannten Raumschiffen und Orbitalstationen, Raketen vom Typ Vertikale sowie mit Satelliten der „Kosmos“-Serie u.a. durchgeführt. In Bulgarien, der Deutschen Demokratischen Republik, der Mongolei, Polen, Rumänien, der Sowjetunion, der

Tschechoslowakei und Ungarn entwickelte und hergestellte wissenschaftliche Apparaturen wurden beispielsweise in fast 23 Interkosmos-Satelliten, im bemannten Raumschiff Sojus 22, in den Orbitalstationen Salut 6 und Salut 7 sowie in vielen Satelliten der „Kosmos“-Serie installiert. Etwa siebzig französische und sowjetisch-französische wissenschaftliche Experimente wurden mittels sowjetischer Raumflugkörper vom Typ Lunochod, Mars, Venus, Prognose, Aureole, Vega sowie der Orbitalstation Salut 7 durchgeführt. Der erste ausländische, mit Hilfe einer sowjetischen Kosmos-Trägerrakete ins All aufgestiegene Satellit war der französische technologische Satellit MAS, der am 4. April 1972 zusammen mit dem sowjetischen Satelliten Molnija 1 auf eine Erdumlaufbahn gebracht wurde. Ihm folgten zahlreiche weitere französische sowie indische, tschechoslowakische und Satelliten anderer Länder.

An dieser Stelle seien nur einige Experimente erwähnt, die zusammen mit den französischen Spezialisten durchgeführt wurden:

„Polarthermosphäre“ – die Temperaturmessung zum Studium sporadischer Erwärmungen in der Polarlichtzone. Diese 1967 begonnenen Experimente wurden mit Hilfe sowjetischer meteorologischer Raketen durchgeführt.

„Colomb“ – die Untersuchung der Wolkendecke im sichtbaren und infraroten Spektrumbereich. Diese Experimente wurden mit dem Satelliten Kosmos 22 (1968) und Meteor (1969) vorgenommen.



wurden in der UdSSR schwere Satelliten der „Proton“-Serie entwickelt und in den Weltraum befördert. In den Jahren 1965 bis 1968 startete man vier Satelliten dieser Serie. Ihre Geräte reagierten unter allen Teilchen der kosmischen Strahlung nur auf solche, die über eine sehr hohe Energie verfügten, maßen diese Energie, stellten die Natur der Primärteilchen fest und untersuchten deren Wechselwirkung mit den Atomkernen des Stoffes.

Viel Aufmerksamkeit schenkt das sowjetische Raumforschungsprogramm den Nachrichtensatelliten. Im April 1965 wurde

der erste Nachrichtensatellit vom Typ Molnija (Abb. 244) gestartet. In den späteren Jahren entstanden kosmische Nachrichtensysteme unter Einsatz der Satelliten Molnija 1, Molnija 2, Molnija 3, Raduga, Horizont und Ekran. Im Jahre 1971 wurde auf der Grundlage dieser Nachrichtensatelliten das internationale Nachrichtensystem „Intersputnik“ geschaffen, an dem Bulgarien, die DDR, Kuba, die Mongolei, Polen, Rumänien, die UdSSR, Ungarn, die Tschechoslowakei, Vietnam, Laos, Afghanistan und andere Länder teilnehmen. Enge Kontakte auf dem Gebiet des kosmischen Nachrichtenwesens bahnten sich zwischen der UdSSR und Frankreich

Abb. 244. Nachrichtensatellit Molnija

„Arcade“ – die Messung der Energiespektren von Protonen und Elektronen im Nordlicht mit Hilfe der Satelliten vom Typ Aureole.

„Calypso“ – die Untersuchung energiearmer Teilchen in der Magnetosphäre der Erde mit Hilfe von Satelliten der Serie Prognose.

„Stereo“ – die Untersuchung der Sonnenaktivität mit Hilfe sowjetischer interplanetarer Raumsonden vom Typ Mars.

„Pyramy“ – die Untersuchung von Galaxien im sichtbaren und infraroten Spektrumbereich an Bord der Orbitalstation Salut 7.

Für analytische Zwecke erhielten Laboratorien von mehr als zehn Staaten Mondgesteinsproben, die von den sowjetischen automatischen Stationen Luna 16, Luna 20 und Luna 24 zur Erde gebracht worden waren.

Auf Vorschlag der Sowjetunion prüften die Delegationen der sozialistischen Teilnehmerländer des Interkosmos-Programms 1976 in Moskau die Frage der Teilnahme von Bürgern der VRB, der ČSSR, der DDR, der Republik Kuba, der MVR, der VRP, der SRR und der UVR an bemannten Flügen mit sowjetischen Raumschiffen und an der Arbeit in Orbitalstationen sowie Probleme, die mit der Auswahl von Kosmonautenkandidaten und mit der Organisation ihrer Ausbildung in der Sowjetunion zusammenhingen. Später schloß sich diesen Ländern die SRV an.

Im Mai 1978 wurde endgültig ein Komplexprogramm zur Fernerkundung der Erde durch internationale Raumschiffsbesatzungen ausgearbeitet, das visuelle und Gerätebeobach-

tungen bei gezieltem Fotografieren mit tragbaren Kameras sowie Fotoaufnahmen mit den stationären Multispektralkameras MKF 6M und der KATE 140 (Kamera für topographische Aufnahmen) vorsah.

Internationale Raumfahrer absolvierten im sowjetischen Kosmonautenausbildungszentrum „Juri Gagarin“ einen Lehrgang für kosmische Naturerkundung, auf dem sie Ziele und Aufgaben der bevorstehenden Experimente, die Methodik bei der Durchführung visueller Beobachtungen, die stationären Kameras MKF 6M und KATE 140 und die mobilen Kameras sowie das in der VRB hergestellte Spektrometer „Spektrum 15“ studierten.

Spezialisten und Wissenschaftler aus den Ländern der sozialistischen Gemeinschaft befaßten sich auf Anregung sowjetischer Fachleute in der Orbitalstation Salut 6 im Zeitraum 1978 bis 1982 mit Experimenten zum komplexen Studium der Umwelt auf der Grundlage gemeinsam aufgestellter Programme unter unmittelbarer Beteiligung von Kosmonauten der UdSSR, der ČSSR, der VRP, der DDR, der UVR, der SRV, der Republik Kuba, der MVR und der SRR.

Die zum ersten Mal in der Raumfahrtpraxis realisierten gemeinsamen Experimente zur Fernerkundung der Erde mit internationalen Besatzungen dienten der Lösung solcher Hauptaufgaben wie der weiteren Vervollkommnung von Methoden und Mitteln des Fotografierens der Erde aus dem Kosmos: Klärung des Übereinstimmungs- und Genauigkeitsgrades bei

an. Seit 1966 besteht eine sowjetisch-französische Arbeitsgruppe für kosmisches Nachrichtenwesen.

Die Sowjetunion gehört zu den Begründern der internationalen Organisation „Inmarsat“, deren satellitennutzendes System dazu dient, den Nachrichtenverkehr der Schiffe der Weltflotte untereinander sowie mit den Häfen aufrechtzuerhalten. Dieses System ist seit Februar 1982 in Betrieb.

Großen Nutzen bringen der Volkswirtschaft Wetterdienstsatelliten. 1967 entstand das sowjetische satellitennutzende Wetterdienstsystem „Meteor“, das sich im weiteren entwickelte und vervollkommnete.

Der Internationale Wetterdienst verwendet Informationen sowjetischer Wettersatelliten in seiner Arbeit.

Seit 1962 werden in der UdSSR satellitennutzende Vermessungsarbeiten durchgeführt. Die Hauptaufgabe geodätischer Satelliten ist die Präzisierung der Form der Erde und der Parameter ihres Gravitationsfeldes. Die Sowjetunion arbeitet auf diesem Gebiet eng mit sozialistischen Ländern im Rahmen solcher internationalen Programme wie „Große Chorda“, „Dynamik“, „Atmosphäre“ und „Isatex“ zusammen.

Wichtig sind satellitennutzende Navigationsmittel besonders für die Schiff-

Abb. 1. Das „Sternenstädtchen“ liegt 40 km nordöstlich von Moskau. Dort, im Kosmonautenausbildungszentrum „Juri Gagarin“,

erlernen seit 1960 Raumschiffsbesatzungen einen der seltensten und interessantesten Berufe. Jeder Kosmonaut eignet sich im Zentrum

theoretische Kenntnisse an, trainiert seinen Organismus und gewöhnt sich an die Überbelastungen, die beim Start und bei der Abbremsung in der

Atmosphäre während der Rückkehr zur Erde eintreten, sowie an den Zustand der Schwerelosigkeit. Viel Aufmerksamkeit wird der



fahrt. Bereits mit den ersten künstlichen Erdsatelliten wurden Experimente auf dem Gebiet der Navigation durchgeführt. Der Satellit Kosmos 1000 leitete den Aufbau eines kosmischen Navigationssystems ein. In der UdSSR nutzt man auch Satelliten, um in Not geratenen Schiffen und Flugzeugen zu helfen. Zu diesem Zweck schufen vier Länder – die UdSSR, die USA, Frankreich und Kanada – ein satellitennutzendes System für die Suche und Rettung von in Not geratenen Schiffen und Flugzeugen. Im Rahmen des KOSPAS-Projekts (Kosmisches System zur Suche in Not geratener Schiffe und Flugzeuge) startete die Sowjetunion im Juni 1982 den ersten Rettungssatelliten Kosmos 1383.

Außer Arbeiten im erdnahen Weltraum umfaßt das sowjetische Raumforschungsprogramm Untersuchungen des interplanetaren Mediums, des Mondes und der Planeten des Sonnensystems sowie das Studium verschiedener Objekte und Eigenschaften des Alls. Am 2. Januar 1959 wurde beispielsweise in der UdSSR die erste interplanetare automatische Station der Welt, die Mondsonde Luna 1, gestartet. Sie flog dicht am Mond vorbei, gelangte auf eine heliozentrische Umlaufbahn und verwandelte sich somit in einen künstlichen Planeten des Sonnensystems. Seitdem starteten zahlreiche verschiedenartige automatische Raumflugkörper. Sie erreichten den Mond, den Mars und die Venus und

Erlangung von Fertigkeiten bei der Steuerung des Raumschiffes und der Station sowie bei der Bedienung ihrer Bordsysteme geschenkt.

Die erste Abteilung sowjetischer Kosmonauten bestand aus nur 20 Personen. Zwölf von ihnen konnten im Kosmos arbeiten und so ihren

Traum verwirklichen. Das waren P. I. Beljajew, V. F. Bykowski, J. W. Chrunow, J. A. Gagarin, V. W. Gorbato,

W. M. Komarow, A. A. Leonow, A. N. Nikolajew, P. R. Popowitsch, G. S. Schonin, G. S. Titow und B. V. Wolynow.



der Farbwiedergabe des Substrats auf Fotos; Überarbeitung und Vervollkommnung der Methoden zur visuellen Erkennung von Naturobjekten und ihres Zustandes unter verschiedenen Beobachtungsbedingungen; Erkundung großer und stark markierter geologischer Formationen (Lineamente, ringförmiger, kegelartiger und kraterähnlicher Bodenstruktur usw.); Untersuchung des Ozeans (Beobachtung von Meeresströmungen, Ozeanfronten, von Bereichen des Tiefenströmenaufstiegs, Zonen der Wirbelsturmbildung, Gebiete erhöhter biologischer Aktivität u. a. m.); Studium einzigartiger meteorologischer Prozesse; Ermittlung und Aufzeichnung von Gebieten der Luft-, Boden- und Wasserverschmutzung (durch Industrieobjekte, Großstädte, Flußsuspensionsspülung usw.); Erforschung der Entstehung von Naturgewalten (Taifune, Zyklone, Sand- und Staubstürme, Waldbrände, Überschwemmungen, Vulkanausbrüche usw.); Studium der geologischen Struktur und der gesetzmäßigen Vorkommen von mineralischen Zonen; Kartierung der landwirtschaftlichen Nutzflächen und die Prognosen ihrer Fruchtbarkeit auf den Territorien der am Experiment teilnehmenden Länder; Forstkartierung u. a. m.

übermittelten einmalige wissenschaftliche Informationen, darunter über die Sonne und das Verhältnis Sonne-Erde, die für die Medizin und die Volkswirtschaft von großer praktischer Bedeutung sind.

Sowjetische interplanetare Stationen leiteten die Untersuchung der Kometen, dieser geheimnisvollen Körper des Sonnensystems, ein. Erstmals geschah das im Jahre 1980, als die Station Venus 12 relativ nahe am Kometen „Breadfield“ vorbeiflog. Ein von sowjetischen und französischen Spezialisten entwickeltes Ultravioletspektrometer registrierte dabei

chemische Elemente, die früher in der Zusammensetzung von Kometen nicht festgestellt worden waren. Noch interessantere Untersuchungen führten die sowjetischen Raumflugkörper Vega („Venus-Halleyischer Komet“) durch, die für die Erforschung des Halleyschen Kometen in den Jahren 1985 und 1986 bestimmt waren. An diesem Experiment nehmen Wissenschaftler aus Ungarn, Österreich, Bulgarien, der DDR, der BRD, Polen, Frankreich und der Tschechoslowakei teil.

Von besonderer Bedeutung im sowjetischen Raumforschungsprogramm sind nach wie vor bemannte Raumflüge. Die in ihrem Rahmen durchgeführten Expe-

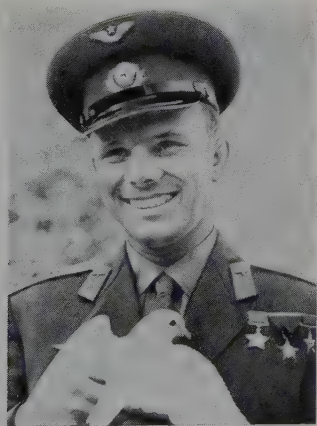


Abb. 245. Juri Alexejewitsch Gagarin

Abb. 2 und 3. Im „Sternenstädtchen“ ist ein besonderer Hörsaal eingerichtet, wo der Unterricht in Naturerkundung aus dem

Weltraum stattfindet. An jedem Unterrichtsplatz kann man ein oder zwei Themen durchnehmen. Zu diesem Zweck ist jeder Tisch mit einer

Fernsehvorrichtung und einem Tonbandgerät ausgestattet. Auf der großen Leinwand in diesem Raum kann man mit Hilfe von

Projektionsgeräten gleichzeitig bis zu sechs schmalspektrale kosmische Fotos bzw. synthetisierte Farbbilder vorführen. Neben der Leinwand



perimente sind zu einem bedeutenden Teil auf die Untersuchung der Erde und der Naturressourcen unseres Planeten gerichtet.

Der Sowjetbürger Juri Gagarin (1934–1968) war der erste Mensch, der zu einem kosmischen Flug startete. Mit dem Raumschiff Wostok, das unter Leitung S. P. Koroljows entwickelt und gebaut worden war, unternahm Juri Gagarin am 12. April 1961 seinen unvergeßlichen, 108 Minuten langen Raumflug und bewies damit praktisch, daß ein Mensch im Weltraum fliegen und arbeiten kann. Dank seiner großen Selbstbeherrschung und guten Ausbildung konnte Juri Gagarin trotz der kurzen Flugzeit einmalige Beobachtungen der Erde

durchführen, die der weiteren Erforschung unseres Planeten aus dem Kosmos auch mit Raumschiffen zugrunde liegen.

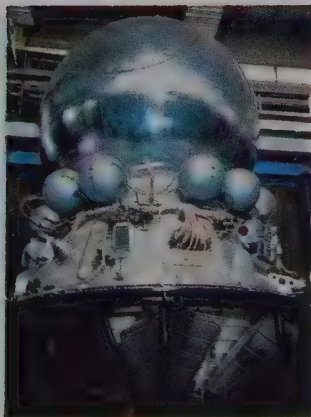
Die Begründer der Raumfahrt K. E. Ziolkowski und S. P. Koroljow maßen den bemannten Flügen im erdnahen Kosmos besondere Bedeutung bei. Der hervorragende sowjetische Konstrukteur S. P. Koroljow verwirklichte die Ideen Ziolkowskis. Anfang 1960, also zwei Jahre nach dem Start des ersten künstlichen Erdsatelliten, wurde das erste Raumschiff geschaffen. In den Jahren 1960 und 1961 wurden fünf unbemannte Raumschiffe gestartet, um die Bordsysteme zu überprüfen, die physischen Bedingungen im

befindet sich das Pult des Unterrichtsleiters, von dem aus er alle technischen Lehrmittel im Klassenzimmer steuern kann.

In der Regel erfolgt der Unterricht in den einzelnen Fachrichtungen der Wissenschaft über die Erde. In der ersten Ausbildungsetappe

erhalten die Hörer in der Regel allgemeine Informationen über den jeweiligen Wissensbereich; in der zweiten eignen sie sich schon gründlichere

Kenntnisse an; die dritte Etappe ist dem Studium konkreter Aufgaben des bevorstehenden Fluges gewidmet.



erdnahen Kosmos zu präzisieren und die Durchführung eines umfassenden Komplexes medizinisch-biologischer Untersu-

Abb. 246. Das Raumschiff Wostok, mit dem Juri Gagarin am 12. April 1961 einen 108 Min. währenden Orbitalflug rund um die Erde absolvierte. Die Masse des Raumschiffes beträgt 4,73 t. Es besteht aus einer kugelförmigen Kabine des Raumfahrers mit einem Durchmesser von 2,3 m und einer Masse von 2,4 t sowie aus einer Gerätesektion. Die hermetisch geschlossene Kabine ist mit einer Wärmeschutzschicht bedeckt und hat drei wärmebeständige Blickfenster.

chungen zur Vorbereitung eines bemannten Raumfluges zu ermöglichen. All das trug zum erfolgreichen bemannten Raumflug im April 1961 bei, der eine stürmische Entwicklung der Raumfahrt einleitete. Dieses Ereignis begeisterte die ganze Welt, weckte den schöpferischen Enthusiasmus von Millionen Menschen in allen Teilen der Erde und löste ein außergewöhnliches Interesse für die kosmischen Untersuchungen aus. Aus diesem Grunde wird der 12. April als der Welttag der Luft- und Raumfahrt begangen.

Vier Monate nach dem ersten Flug, es war am 6. August 1961, startete Wostok 2 mit dem Fliegerkosmonauten der UdSSR German Titow zu einem Weltraumflug. 25

Für die Lösung dieser Aufgaben zur Naturerkundung wurden für jedes Experiment konkrete Programme erarbeitet, auf deren Grundlage verschiedene Versuche mit bestimmten Ergebnissen vorgenommen wurden.



Während des Fluges in der Orbitalstation Salut 6 führten die ersten beiden internationalen Besatzungen einmal mit dem Kosmonauten aus der CSSR V. Remek und zum anderen mit dem Kosmonauten der VRP M. Germaszewski die Erderkundung mit Hilfe der Multispektralkamera MKF 6M durch. Die dritte internationale Besatzung mit dem Kosmonauten Sigmund Jähn aus der DDR unternahm die Experimente „Biosphäre“ und „MKF 6M“. Im weiteren bereiteten Spezialisten der UdSSR und der am Raumflug beteiligten Länder ähnliche gemeinsame Experimente für alle interna-

Abb. 4 (rechts). Mit dem Gerät Spektr 15 werden spektrale Reflexionswerte zahlreicher Naturgebilde bei unterschiedlicher Beleuchtung untersucht.

Abb. 5. Kosmonauten aus sozialistischen Ländern – Teilnehmer des internationalen Interkosmos-Programms.

tionalen Besatzungen vor, die am Interkosmos-Programm mitarbeiten. Die Bezeichnung der Experimente richtete sich nach dem jeweils teilnehmenden Land außer der UdSSR: „Biosphäre B“ (VR Bulgarien), „Biosphäre U“ (Ungarische VR), „Biosphäre V“ (SR Vietnam), „Biosphäre K“ (Republik Kuba), „Biosphäre Mon“ (Mongolische VR) und „Biosphäre R“ (SR Rumänien) für visuelle und Gerätebeobachtungen; „MKF 6M“ (VR Bulgarien), „MKF 6M“ (Ungarische VR), „Naturressourcen“ (SR Vietnam), „Tropico 3“ (Republik Kuba), „Erdem“ (Mongolische VR) und „Synchron“ (SR Rumänien) für Aufnahmen mit stationären Kameras.

Viele internationale Besatzungen untersuchten Spektralreflexionswerte verschiedener Abschnitte der Erdoberfläche und einzelner Naturobjekte und -erscheinungen mit Hilfe des Spektrometers „Spektrum 15“. Nach den Teilnehmerländern erhielten diese Experimente folgende Bezeichnungen: „Balkan“ (VRB), „Pannonia“ (UVR), „Kyulong“ (SRV), „Antias“ (Republik Kuba) und „Solongo“ (MVR).

Zur Effektivitätssteigerung der Erderforschung von Bord der Station Salut 6 wurden im Rahmen des Interkosmos-Programms synchrone und quasisynchrone Messungen auf den

Stunden und 11 Minuten dauerte dieser Raumflug. Der Kosmonaut fotografierte dabei erstmals die Erde und leitete somit die Untersuchung der Naturressourcen und der Umwelt mittels Orbitalaufnahmen ein.

In den nächsten Jahren starteten weitere vier Wostok-Raumschiffe mit den Fliegerkosmonauten der UdSSR A. G. Nikolajew, P. R. Popowitsch, V. F. Bykowski und W. W. Tereschkowa, der ersten Raumfliegerin der Welt.

Während dieser Flüge konnte erstmals eine ganze Reihe interessanter Aufgaben bei den visuellen Untersuchungen der Atmosphäre und der Erdoberfläche gelöst werden. Besonderes Augenmerk galt der

Farbpalette verschiedener Naturobjekte. Dabei wurde festgestellt, daß Flächen- und Linearobjekte, kleine Seen, Wälder und deren Grenzen, Flüsse und Stauseen, Kulturland, Ortschaften, Gebirgskämme, Gletscher und Schnee im Gebirge, Wolkenshatten auf der Erdoberfläche usw. aus dem Orbit deutlich zu erkennen sind. Deutlich zeichnen sich Wolkensysteme, Wirbelstürme und Gewitterfronten ab. Die ersten Kosmonauten beschäftigten sich eingehend mit der Beobachtung des Weltmeeres.

Im Juni 1963 schloß der Gruppenflug der bemannten Raumschiffe Wostok 5 (V. F. Bykowski) und Wostok 6 (W. W. Te-

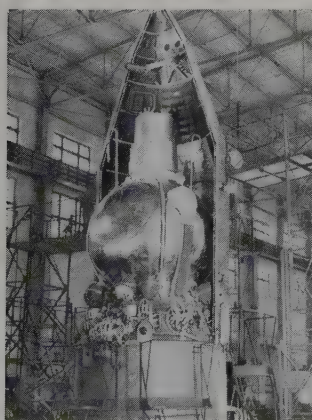


Abb. 247. Das dreisitzige Raumschiff Woßchod war das erste Orbitallaboratorium. Die Raumschiffe der Serie „Woßchod“ landeten weich, wodurch das Katapultieren des Raumfahrers nicht mehr erforderlich war. Zum erstenmal in der Welt stieg am 18. März 1965 der Kosmonaut A. A. Leonow aus dem Raumschiff Woßchod 2 in den freien Weltraum aus und blieb 12 Min. lang außerhalb des Raumschiffes. Die Woßchod-Raumschiffe landeten sowohl automatisch als auch mit Hilfe der Handsteuerung.

reschkowa) das Programm „Wostok“ ab. Die Wostok-Reihe wurde von Raumschiffen vom Typ Woßchod abgelöst, die mehreren Kosmonauten Platz boten. Am 12. Oktober 1964 startete ein Raumschiff mit den Fliegerkosmonauten der UdSSR W. M. Komarow, K. P. Feoktistow und B. B. Jegorow. Die Besatzung bestand aus einem Flieger, einem Wissenschaftler und einem Arzt. Das umfangreiche Programm dieses Fluges umfaßte neben vielen anderen Experimenten auch geographische Untersuchungen.

Am 18. März 1965 folgte Woßchod 2. Der Besatzung dieses Raumschiffes (P. I. Beljajew und A. A. Leonow) war die

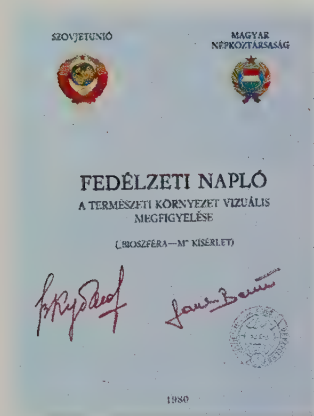


Abb. 6. Titelblatt des Bordbuches für visuelle Beobachtungen der natürlichen Umwelt, das von der aus Kosmonauten der UdSSR und Ungarns bestehenden internationalen Expedition geführt wurde. In solchen Dokumenten werden die Hauptaufgaben beim Studium der Erdoberfläche verzeichnet und die Ergebnisse der Experimente registriert.

Territorien der sozialistischen Länder durchgeführt.

Im Ergebnis der internationalen Experimente zur kosmischen Naturerkundung von der Orbitalstation Salut 6 aus erhielten die Spezialisten für analytische Zwecke mehrere tausend kosmischer Aufnahmen, Kassetten mit Spektrogrammen, Bordbuchaufzeichnungen und laufende Bordfunkmitteilungen der Kosmonauten.

Die Experimente zur Fernerkundung der Erde unter Teilnahme des Fliegerkosmonauten der UdSSR Valeri Bykowski und des Kosmonauten der DDR Sigmund Jähn in der Zeit vom 23. August bis 3. September 1978 ermöglichten die Sammlung wichtiger Informationen über geologische Brüche und Ringstrukturen des Südens der DDR; über die Luftverschmutzung in der DDR—im Erzgebirge und um Leipzig, Eisenhüttenstadt, Wilhelm-Pieck-Stadt Guben;

über meteorologische Erscheinungen in verschiedenen Gebieten der Erde, darunter über die Luftströmungen über flachen Inseln, über Turbulenzonen über gebirgigen Inseln; über atmosphärische Fronten, Gewitterwolken usw. Aufgrund der gesammelten Informationen werteten die Spezialisten der UdSSR und der DDR Fotoaufnahmen im Interesse der Geologie, Ozeanologie, Meteorologie, Glaziologie und des Umweltschutzes thematisch aus.

Der Flug der internationalen Besatzung unter Teilnahme des Fliegerkosmonauten der UdSSR Valeri Kubassow und des Kosmonauten der UVR Bertalan Farkas dauerte vom 26. Mai bis zum 3. Juni 1980. Diese Besatzung befaßte sich eingehend mit dem Studium des Weltmeeres (seiner 36 Regionen). Ungünstige Lichtverhältnisse hielten sie nicht von der Beobachtung des ungarischen Territoriums ab. Etwas später erfüllten die Kosmonauten der Stammbesatzung der Station—Leonid Popow und Valeri Rjumin—die im Programm vorgesehenen Aufgaben zur Erforschung der Tiefenstruktur des Territoriums der UVR (Beobachtungen der Lineamente von Győr, Darno, Balaton u. a.), zur Untersuchung der Struktur der vulkanischen Gebiete der UVR (Bertený, Dunazug, Bakony, Mátra u. a.), zur Beobachtung von Ringstrukturen im Raum der ungarischen Tiefebene, von Überschwemmungen und Waldbränden auf dem Territorium der UVR sowie von Farbwerten des Balaton.

Vom 23. bis 31. Juli 1980 flog die internationale Raumschiffsbesatzung mit dem Flie-

verantwortungsvolle Aufgabe übertragen worden, zum erstenmal den Ausstieg eines Menschen aus dem Raumschiff in den freien Kosmos zu bewältigen. Diese Aufgabe wurde glänzend erfüllt: Der Fliegerkosmonaut der UdSSR A. A. Leonow stieg in einem besonderen Raumanzug in den freien Kosmos und hielt sich dort zwölf Minuten lang auf.

Nach diesem Flug sagte S. P. Koroljow: „Die Besatzung hatte eine außerordentlich schwierige Aufgabe zu lösen, die sich qualitativ von den vorangegangenen Flügen unterschied. Von ihrer erfolgreichen Lösung hing die weitere Entwicklung der Raumfahrt sicher nicht weniger als vom Erfolg des

ersten bemannten Raumfluges ab. Pawel Belajew und Alexej Leonow haben diese Aufgabe bewältigt, und ihre Großtat kann man gar nicht hoch genug einschätzen: Ihr Flug hat gezeigt, daß der Mensch im freien Kosmos leben und das Raumschiff verlassen kann, sich durch dessen Wände nicht mehr eingeeengt fühlt und überall, wo es nötig ist, zu arbeiten imstande ist.

Ohne eine solche Möglichkeit kann man unmöglich daran denken, neue Wege in den Weltraum zu bahnen.“

Von Jahr zu Jahr wurden die Reparatur- und Montagearbeiten im freien Kosmos komplizierter und wichtiger. Inzwischen verbringen Kosmonauten viele Stunden

gerkosmonauten der UdSSR Viktor Gorbato und dem Kosmonauten der SRV Phan Tuan. Im Rahmen des Experiments „Biosphäre V“ wurden 23 Serien von Beobachtungen und Fotoaufnahmen durchgeführt, darunter Aufnahmen des vietnamesischen Territoriums, von Schlamm-ausschwemmungen in den Flußdeltas des Mekongs (SRV) und des Amazonas (Südamerika), von Wasserflächen im Raum des Südchinesischen Meeres sowie Aufnahmen über geologische Formationen des vietnamesischen Territoriums. Außerdem wurden Waldbrände, mächtige Zyklone und Flußüberschwemmungen beobachtet und fotografiert.

Ein umfangreiches Arbeitsprogramm zur Erforschung der Umwelt führte die internationale Besatzung unter Teilnahme des Fliegerkosmonauten der UdSSR Juri Romanenko und des kubanischen Kosmonauten Arnaldo Tomayo Mendez in der Zeit vom 18. bis 26. September 1980 durch. Zum Programm „Biosphäre K“ gehörten unter anderem mehrere Experimente: „Pinar“ – Studium des geologischen Baus des Gebiets Pinar del Rio; „Salzdome“ – Auffinden von Salzdomstrukturen im Zentralteil der Insel Kuba; „Hyperbasit“ – Auffinden struktureller Zusammenhänge im Raum der Hyperbasitmassive ultrabasischer Gesteine; „Massiv Escambray“ – Erforschung des inneren Aufbaus des Bergmassivs Escambray; „Verborgene Brüche“ – Auffinden von Zonen verborgener Brüche im östlichen Teil der Insel Kuba; „Planetarstruktur“ – Studium von Gesetzmäßigkeiten der Lage der Insel Kuba



Abb. 7. Der indische Kosmonaut Rakesh Sharma, vom 3. bis zum 11. April 1984 Mitglied der sowjetisch-indischen Besatzung der Raumstation Salut 7. Zusammen mit fünf sowjetischen Kollegen erfüllte er ein wissenschaftliches Programm zur Untersuchung der Naturressourcen des indischen Subkontinents und der anliegenden Meere.

in der Struktur der Region, zu der die Senke des Golfs von Mexiko und die Gebirgsmassive Mittelamerikas gehören; „Drift“ – Studium der Dislokation der südamerikanischen Pazifikküste; „Ozeanfarbe“ – Studium der Farbwerte der Meeresoberfläche in der Nähe der Insel Kuba; „Erdölfilm“ – Registrierung von Ölflecken im Raum des Schelfs der Insel Kuba und in dem die Insel umgebenden Meergewässer; „Schelf“ – Studium der Verteilung von Bodensedimenten auf dem Schelf der Insel Kuba; „Schelfrelief“ – Studium des Schelfreliefs der Insel Kuba; „Orkan“ – Studium meteorologischer Prozesse im Raum der Republik Kuba und in den angrenzenden Meeresgebieten; „Wellen“ – Studium von Meereswellenfeldern im Atlantik.

Im März 1981 traf in der Orbitalstation Salut 6 eine neue internationale Besatzung ein. Sie bestand aus dem Fliegerkosmonauten der

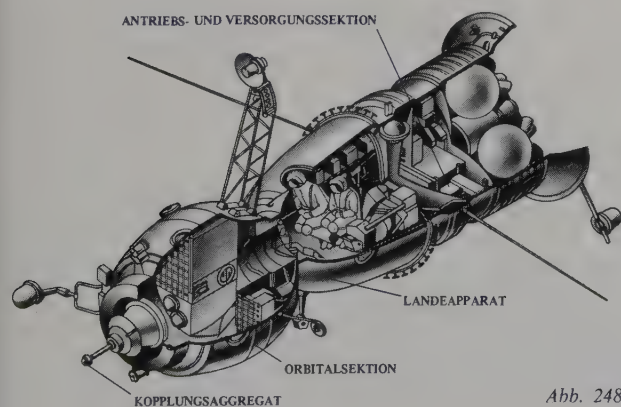


Abb. 248. Das Raumschiff Sojus

außerhalb ihres Raumschiffes bzw. ihrer Orbitalstation. So stiegen Fliegerkosmonauten der UdSSR L. D. Kisim und W. L. Solowjow (Salut 7) wiederholt in den freien Kosmos aus, verbrachten dort insgesamt fast 23 Stunden und bewältigten wichtige und komplizierte Arbeiten. Beispielsweise montierten sie Sonnenbatterien.

Den Wozschod-Raumschiffen folgten mehrsitzige bemannte Raumschiffe vom Typ Sojus.

Am 23. April 1967 fand der Testflug des Raumschiffes Sojus 1 statt, das aus drei Hauptkomponenten bestand: der Orbitalsektion, der Antriebs- und Versorgungssektion und dem Landeapparat. Im Un-

UdSSR Wladimir Dshanibekow und dem Kosmonauten der MVR Shugderdemidijn Gur-ragtschi. Zusammen mit der Stammbesatzung – den Fliegerkosmonauten der UdSSR Wladimir Kowaljonok und Viktor Sawinych – leisteten sie in der Zeit vom 22. bis 30. März 1984 eine große Arbeit bei der Untersuchung der Erde im Rahmen der Programme „Biosphäre-Mon“ und „Erde“, zu denen folgende Experimente gehörten: „Hubsugul“ – Studium der Riftzone Hubsugul und ihrer Beziehung zu den Bruchzonen Hangai, Badychanger und Jechbond; „Hangai“ – Studium der seismischen Zonen auf dem Territorium der Mongolei; „Oreon“ – Untersuchung einer Reihe von Besonderheiten des geologischen Baus des Granitmassivs Iche – Nairchan; „Tenger“ – Studium schnellwechselnder Naturerscheinungen, darunter mittelmäßiger meteorologischer Erscheinungen auf dem Territorium der MVR; „Weideplätze“ – Erkundung natürlicher Weiden und Erforschung der Pflanzenwelt der Mongolei.

Auf eine bedeutende Leistung bei der Erkundung der Naturressourcen kann die sowjetisch-indische internationale Besatzung zurückblicken, die vom 6. bis 10. April 1984 an Bord der Orbitalstation Salut 7 nach dem „Terra“-Programm gearbeitet hat. Den Hauptanteil dieser Arbeit hat der indische Kosmonaut Rakesh Sharma bewältigt.

Das Programm „Terra“ sah folgende Daten vor: Gewinnung wissenschaftlicher und praktischer Angaben für die Entwicklung der Wirtschaft Indiens, darunter auch für entfernte und

schwer zugängliche Regionen; Sammlung von Informationen im Interesse des Umweltschutzes und der Erhaltung des Naturreichtums; Gewinnung von Erkenntnissen bei der Auswertung kosmischer Fotoaufnahmen für die Belange der Volkswirtschaft Indiens sowie beim unmittelbaren Erforschen der Naturressourcen der Erde aus dem Kosmos; Gewinnung neuer Vertreter der indischen Nation für die Raumforschung.

Das Programm „Terra“ beinhaltete vier autonome Experimente: „Terra 1“ – Routenaufnahmen mit der Multispektralkamera MKF 6M; „Terra 2“ – Routenaufnahmen mit der topographischen Kamera KATE 140; „Terra 3“ – Aufnahmen mit der mittelgroßen Handkamera mit verschiedenen Filmsorten; „Terra 4“ – Aufnahmen mit der Kleinbildkamera auf Umkehrfilm.

Internationale Besatzungen leisteten also in den Orbitalstationen Salut 6 und Salut 7 eine großangelegte Arbeit bei der Erderkundung. Die Ausarbeitung gemeinsamer Programme und die anschließende gemeinsame Auswertung der gewonnenen Informationen ermöglichten die Nutzung kollektiver Erfahrungen von Spezialisten und Wissenschaftlern aus zehn Ländern, was zweifellos einen wichtigen Beitrag zur weiteren Entwicklung der kosmischen Naturerkundung darstellt. Außerdem erhielten die an den Experimenten teilnehmenden Länder wertvolle Angaben für ihre Volkswirtschaft.

terschied zu den Raumschiffen vom Typ Wostok und Woščod, bei denen der Landeapparat kugelförmig war, hatte er diesmal eine sphärische Form. Dank dieser Form konnte die auf die Kosmonauten einwirkende Überbelastung beim Wiedereintritt in die Atmosphäre unter Ausnutzung der Luftreibung im Vergleich zur Wostok-Variante um die Hälfte oder gar um zwei Drittel gesenkt und die Landegenauigkeit wesentlich verbessert werden. Die Orbitalsektion stellt ein Laboratorium dar, in dem die Kosmonauten wissenschaftliche Experimente durchführen und sich auch erholen. Visuelle Beobachtungen und Fotoaufnahmen erfolgen durch die vier

Bordfenster. Bei Bedarf kann die Orbitalsektion als Schleuse für den Ausstieg der Kosmonauten in den freien Weltraum dienen. In der Antriebs- und Versorgungssektion befinden sich das Triebwerk sowie verschiedene Geräte und Ausrüstungen (Aggregate der Wärmeregulierung und Energieversorgung, Geräte für Funkverbindung und Fernmessung sowie die des Orientierungs- und des Flugsteuersystems usw.) Der Stromversorgung des Raumschiffes dienen chemische und Sonnenbatterien. Die Besatzung arbeitet und erholt sich unter komfortablen Bedingungen. Das bemannte Raumschiff hat eine aktive und eine passive Kopplungsvorrichtung.

**Beobachtung
der Erde
aus dem All**

KOSMISCHE GEOLOGIE

Geologie ist die Lehre von der Zusammensetzung, dem Aufbau, den Bewegungen und von der Entwicklungsgeschichte der Erdrinde sowie über die in ihr enthaltenen Bodenschätze. Unter den Wissenschaften über die Erde, die die kosmischen Forschungsmethoden aktiv nutzen, nimmt die Geologie einen führenden Platz ein. Das erklärt sich einerseits durch die volkswirtschaftliche Wichtigkeit der Aufgaben, die mit der Suche nach mineralischen Rohstoffen zusammenhängen, und andererseits durch den hohen Nutzeffekt der Untersuchung der Oberflächenstruktur der Erde aus kosmischen Höhen. Zahlreiche Aufnahmen und Beobachtungen aus dem Kosmos ergeben, daß von der Umlaufbahn der Raumflugkörper aus Brüche, Falten, Ringstrukturen und Vulkane deutlich zu sehen sind.

Zielgerichtete Aufnahmen aus dem Kosmos und visuelle Instrumentalbeobachtungen von Bord bemannter Raumschiffe und wissenschaftlicher Orbitalstationen ermöglichen es, die Gesetzmäßigkeiten der Struktur der Erdkruste in globalem Maßstab zu studieren.

Bereits die ersten kosmischen Aufnahmen überzeugten die Fachleute, daß sich dank ihrer hohen Übersichtsweite die zonalen Gesetz-

mäßigkeiten des geologischen Aufbaus eines Territoriums erfolgreich studieren lassen. Auf der Erde bestehen unzählige geologische Strukturen, die sich über Tausende von Kilometern erstrecken, beispielsweise der „Doppelbogen“ des Gebirges Kunlun (Abb. 8). Solche Bergmassive reichen über die Grenzen von Staaten hinaus und greifen nicht selten von einem Kontinent auf den anderen über. Bei näherem Hinsehen kann man bemerken, wie sich auf der kosmischen Aufnahme ein geologischer Bruch deutlich abzeichnet: die gigantische Spalte in der Erdrinde längs der südlichen Einfassung der Faltenstruktur des Himalaja. Nicht weniger deutlich heben sich auch kleinere Brüche ab, beispielsweise tektonische Linien in den Bergen Mittelasiens (Abb. 9).

Eine Analyse der im Kosmos gewonnenen Angaben berechtigt zu dem Schluß, daß die Orbitalübersicht die Registrierung gemeinsamer Merkmale möglich macht, die für geologische Strukturen charakteristisch sind. Für die Geologen ist das sehr wichtig, weil sie nach den Anzeichen bereits bekannter Lagerstätten neue Vorkommen mineralischer Rohstoffe voraussagen können.

Die Raumschiffe vom Typ Sojus erweiterten wesentlich die Möglichkeiten der Erderforschung aus dem Orbit. Aus dem Raumschiff Sojus 3 fotografierte der Fliegerkosmonaut der UdSSR G. T. Beregowoi die Wolken- und Schneedecke, beobachtete die Erde bei Tageslicht und in der Dämmerung, studierte Taifune und Wirbelstürme. Der Kosmonaut untersuchte dabei die fadenförmige Strahlung der Erdatmosphäre auf der Nachtseite der Erde nach Sonnenuntergang. Diese Arbeiten fanden bei späteren Flügen von Sojus-Raumschiffen ihre Fortsetzung.

Ein wichtiger Meilenstein in der Raumfahrt war der Flug von Sojus 4 und Sojus 5

im Januar 1969. Zum ersten Mal entstand dabei durch die Kopplung der beiden bemannten Raumschiffe eine kosmische Experimentalstation mit einer aus vier Mann bestehenden Besatzung (die Fliegerkosmonauten der UdSSR W. A. Schatalow, B. V. Wolynow, A. S. Jeliszejew und J. W. Chrunow). Die Kosmonauten verließen ihre Raumschiffe und begaben sich ins jeweils andere, wobei sie neue Raumanzüge mit autonomen Lebenssicherungssystemen testeten. Außerdem führten sie meteorologische Beobachtungen durch, verfolgten die Entstehung und Bewegung von Taifunen und Hochdruckgebieten, untersuchten die Eisdecke auf der Was-

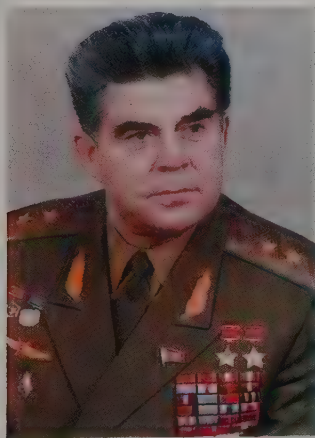
Auf der Grundlage kosmischer Aufnahmen stellen Spezialisten geologische, tektonische, geomorphologische sowie seismische, ingenieur-geologische, hydrogeologische und andere Karten zusammen.

Dank der großen Übersichtsweite erlauben es die kosmischen Aufnahmen, die Hauptbesonderheiten der Struktur vieler Regionen aufzudecken und bestehende tektonische Konzeptionen einzuschätzen. Manchmal stellen sie aber die Wissenschaftler auch vor neue Probleme theoretischen und praktischen Charakters.

Als die Fliegerkosmonauten der UdSSR Vitali Sewastjanow und Pjotr Klimuk im Jahre 1975 von Bord der Orbitalstation Salut 4 das Bodenrelief an der Grenze Europas und Asiens betrachteten, stellten sie beispielsweise fest, daß der Ural als geologische Struktur nicht in den Orenburger Steppen endet, sondern unter lockeren Ablagerungen „durchleuchtet“ und auf dem Ust-Urt-Plateau erneut ans Tageslicht tritt. Damit konnte die gleiche geologische Beschaffenheit der beiden Massive nachgewiesen werden. Das bot die Möglichkeit, viele Gruppen von Mineralien auf dem verborgenen Abschnitt des einheitlichen kristallinen Unterbaus zu erkunden. Darüber hinaus sahen die Kosmonauten, daß diese Struktur weiter südlich eine ebenso riesige Gebirgskette bildet, die sich in Diagonalrichtung von den Krimbergen über den Großen Kaukasus zum Kopetdag erstreckt. Die beiden Strukturen verbinden sich im Raum der Städte Nebit-Dag und Kysyl-Arwat, gerade dort, wo den Geologen viele Lagerstätten an Bo-

denschätzen bekannt sind. Der Kaukasus und der Kopetdag steigen ihrerseits in das Kaspische Meer auf einer Linie ab, die zwischen den Städten Baku und Krasnowodsk verläuft, und weisen ebenfalls viele gemeinsame Merkmale ihres geologischen Aufbaus auf (Abb. 10). Auf der Basis der kosmischen Aufnahmen dieser Region wurde ein zusammenhängendes Landschaftspanorama zusammengestellt, das ein verallgemeinertes Abbild des Territoriums zwischen dem Asowschen Meer, dem Aralsee, dem Südural und den Hochlandmassiven der Türkei, Irans und Afghanistans zeigt.

Kosmische Aufnahmen für geologische Zwecke aus einer Höhe von 300 bis 350 km haben den Vorzug, daß auf ihnen die Erdoberfläche ohne unnötige kleine Einzelheiten erscheint. Es kommt zu einer optischen Generalisierung der Abbildung, d. h. zu einer objektiven Änderung ihrer äußeren Strukturerscheinung, weil sich Maßstab und Auflösungsvermögen verringern. Dank diesem Umstand treten größere Details des geologischen Aufbaus eines Territoriums schärfer hervor, die beim Beobachten aus einem Flugzeug oder gar unmittelbar von der Erde aus unsichtbar bleiben. Diese neuen Details bieten den Wissenschaftlern die Möglichkeit, ihre Vorstellungen vom geologischen Charakter der zu untersuchenden Regionen sowie von ihrer Entstehungsgeschichte zu ergänzen. Im Ergebnis derartiger Untersuchungen finden Spezialisten ihre tektonischen Konzeptionen bestätigt oder überprüfen sie.



seroberfläche, fotografierten verschiedene Typen und Formen des Bodenreliefs und erforschten das Magnetfeld der Erde.

Im Oktober 1969 starteten drei weitere bemannte Raumschiffe Sojus 6, Sojus 7 und Sojus 8, deren Besatzungen im Gruppenflug geologisch-geographische Objekte der Erde beobachteten und fotografierten.

Abb. 249. Georgi Timofejewitsch Beregowoi, dem der Titel „Held der Sowjetunion“ für bewiesenen Heldenmut im Kampf gegen den Faschismus zuerkannt worden war, erprobte das Raumschiff Sojus während eines Orbitalflugs. Später war er Leiter des Kosmonautenausbildungszentrums „Juri Gagarin“.

Zahlreiche Untersuchungen der natürlichen Umwelt führten im Jahre 1970 die Fliegerkosmonauten der UdSSR A. G. Nikolajew und V. I. Sewastjanow im Raumschiff Sojus 9 durch. Sie absolvierten erstmals einen 18tägigen Dauerflug und führten dabei unter anderem ein meteorologisches Komplexexperiment durch, an dem auch der Wettersatellit Meteor und das Forschungsschiff „Akademimitglied Schirschow“ der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, von dessen Bord meteorologische Raketen gestartet wurden, teilnahmen. Bei diesem nun schon längeren Flug konnte man regelmäßig Experimente bei der Beobachtung natürlicher Objekte



und Erscheinungen anstellen, was für die Untersuchung der Dynamik der natürlichen Umwelt sehr wichtig ist. Bei diesem Flug konnten erstmalig in der Atmosphäre der Erde Wolkenformationen betrachtet werden, die wie silbrige (Ionosphären-)Wolken aussahen.

Besonders vielseitige und umfassende Experimente zur Untersuchung der Erde wurden mit dem Aufkommen von Orbitalstationen möglich, deren wissenschaftlicher und volkswirtschaftlicher Nutzeffekt außerordentlich hoch ist.

Orbitalstationen stellen die Hauptentwicklungsrichtung der sowjetischen Raumfahrt dar. Gerade Orbitalstationen mit ihrer

vielfältigen wissenschaftlichen Ausrüstung und starken Bordenergiequellen gestatten es den Kosmonauten, längere Zeit an Bord zu arbeiten, aus dem Kosmos unseren Planeten zu beobachten, gleichzeitig verschiedene kosmophysische Einflüsse auf die Geo- und Biosphäre zu untersuchen und modernste Komponenten der Raumfahrttechnik und Geräte für die Fernerkundung der Erde zu prüfen.

Die erste Station der „Salut“-Serie wurde am 19. April 1971 gestartet. Sie war für die Kopplung mit dem bemannten Raumschiff Sojus bestimmt, mit dem Kosmonauten zu ihr befördert werden sollten. Die Station stellt eine Großanlage mit fast 1300 Geräten

Abb. 8 (links). Einer der größten Brüche der Erdkruste liegt zwischen zwei Bergrücken des Kunlun. Das mit der Kamera KATE 140 aus dem Kosmos gemachte Foto zeigt einen 450 km langen Abschnitt dieses Bruchs. Die Abbildung veranschaulicht die komplizierte verzweigte Struktur tektonischer Deformationen der Erdkruste, die die Hauptbruchzone markieren, sowie den Zusammenhang im geologischen Aufbau des Kunlun, des Karakorum (links unten) und des Tibet (rechts unten).



Abb. 9 (rechts). So sieht ein Beobachter auf der Erde die Kreuzung zweier Brüche.

und Aggregaten dar. Die Gesamtmasse des Komplexes Salut–Sojus betrug 25 000 kg, die Gesamtmasse der wissenschaftlichen Geräte 1200 kg, die Länge im gekoppelten Zustand 23 m, die maximale Spannweite der Station mit geöffneten Sonnenbatterien 11 m, das Volumen der hermetisch abgedichteten Sektionen 100 m³.

Am 6. Juni 1971 starteten die Fliegerkosmonauten G. T. Dobrowolski, W. N. Wolkow und V. I. Pazajew mit dem Raumschiff Sojus 11, um mit der Langzeit-orbitalstation Salut 1 zu koppeln. Am 7. Juni fand die Kopplung statt, und die Besatzung stieg in die Station um.

Ein wichtiger Bereich des wissenschaftli-

chen Programms war das komplexe fotografische Experiment, dem umfangreiche Vorbereitungsarbeiten vorangingen. Es wurde eine Methode zur Auswahl der Parameter fotografierender Systeme ausgearbeitet, die auf der Analyse der Aufgaben von Aufnahmen, der Besonderheiten fotografiert Objekte, der Aufnahmebedingungen, der Möglichkeit der Optik, der Fotoapparate und Fotomaterialien (Fotofilme) beruht.

Das Programm des Experiments umfaßte etwa 100 Aufgaben aus den Bereichen Geographie, Geologie, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei, Melioration, Hydrologie, Ozeanographie, Meteorologie

Unsere Erde ist voller Bewegungen, die durch innere (endogene) Kräfte ausgelöst werden. Diese Kräfte sind eine Folge von Prozessen, die im Erdinnern vor sich gehen. Manche Bewegungen (tektonische) sind relativ schnell, andere langsam. Ebendiese Bewegungen formen das Relief. Es gibt jedoch auch äußere (exogene) Vorgänge, die ebenfalls an der Gestaltung des Festlandreliefs beteiligt sind. Sie sind eine Folge der Einwirkung von Wind, Wasser, Wärme, Kälte und Gletschern. Das Relief wird somit durch die Wechselwirkung endogener und exogener Vorgänge bestimmt. Das Relief der Erdoberfläche, sowohl des Festlandes als auch des Meeresgrundes, besteht aus der Gesamtheit von Formen unterschiedlicher Ausmaße und verschiedener komplizierter Strukturen. Ihre Untersuchung aus dem Kosmos gehört zu den Aufgaben der Geomorphologie – der Wissenschaft über die Oberflächenformen der Erde und ihre Entstehung.

Die Struktur der Erdrinde ist sehr kompliziert. Die Erdrinde des Festlandes ist stärker als die des Meeresgrundes. In Gebirgsgegenden ist sie fast doppelt so stark wie in den Ebenen. In der Übergangszone vom Meer zum Festland und von größeren Gebirgsmassiven zu Ebenen haben sich ausgedehnte Senken der Erdrinde gebildet – die sogenannten Geosynklinalen. Diese geologischen Strukturen lassen sich in der Regel aus der Flughöhe kosmischer Apparate mühelos verfolgen.

Die Ebenen zeichnen sich durch stabile, wenig bewegliche Strukturen der Erdrinde aus:

u. a., darunter die Zusammenstellung und Erneuerung von topographischen, geologischen, geobotanischen Karten, Bodenkarten usw.; das Herausfinden geologischer Strukturen, die aller Wahrscheinlichkeit nach Bodenschätze enthalten; die Ermittlung der Ausdehnung von Schnee- und Eisflächen sowie des Verlaufs von Schneeschmelze und Flußüberschwemmungen; die Beobachtung der Treibeisdrift; die Ermittlung von Grundwasserquellen und Feuchtigkeitsgehalts im Boden; die Bestandsaufnahme der Wälder und des Kulturlandes usw. Besonders sorgfältig untersuchten die Kosmonauten verschiedene geologisch-geographische Objekte der Erdoberfläche, at-

harte Platten, die aus einem kristallinen Fundament (Unterbau) und der Deckschicht von Sedimentgestein bestehen. Die Praxis der kosmischen Aufnahmen hat ergeben, daß die geologische Untersuchung ausgedehnter Ebenen mit Hilfe von Orbitalaufnahmen recht zweckmäßig und wirksam sind.

Der breitangelegte Einsatz der kosmischen Technik bei der Umweltforschung ermöglichte es den Geologen, die globale Entwicklung unseres Planeten auf neue Weise zu analysieren. Seit den 70er Jahren, als die Entstehung einer Grundagentheorie für die Tektonik der lithosphärischen Platten begann, wurden Orbitalbilder von der Erdoberfläche genau so alltäglich wie gewöhnliche geologische Karten. Mit dem Fortschreiten der Globaltektonik wurden kosmische Aufnahmen zu einem der wichtigsten Grundlagenmaterialien, mit deren Hilfe der Zusammenhang zwischen den Oberflächen- und den Tiefenvorgängen der Erdevolution erforscht werden kann.

Als Illustration dafür dient die Abbildung 11, auf der eine kosmische Aufnahme der Halbinsel Krim zu sehen ist. Für einen Spezialisten besitzt eine solche Abbildung einen sehr hohen Informationswert. Sie beinhaltet unter anderem viele Merkmale, die üblicherweise mit den Konvergenzgrenzen von lithosphärischen Platten zusammenhängen, das heißt mit solchen Grenzen, wo unter den Bedingungen einer starken Pressung eine Platte den Rand einer anderen überlappt. Bei der Auswertung von Angaben der Seismosondierung und kosmischer

mosphärische Erscheinungen sowie die Eis- und Schneedecke der Erde. Während des Fluges der Station wurde viel fotografiert. Die Raumfahrer spektrographierten viele Teile des sowjetischen Territoriums, maßen optische Werte der Atmosphäre und beobachteten die Wetterlage unter ihrer Flugbahn.

Die Besatzung der Orbitalstation arbeitete angespannt und erfüllte das umfangreiche Forschungsprogramm. Bei der Rückkehr zur Erde wurde aber der Landeapparat plötzlich undicht, was zum Tod der Besatzungsmitglieder führte. Die Filme, Spektrogramme, Borddokumente und andere Unterlagen blieben jedoch



Abb. 10. Die kosmische Aufnahme der südöstlichen Küste des Kaspischen Meeres in Turkmenien läßt erkennen, wie die Bergrücken des Kopet-Dag nach und nach meerwärts in lockere Sedimente absinken. Um mit Hilfe von Luftaufnahmen ein Bildpanorama dieses Gebiets zu gewinnen, wären mehrere Tausende Fotos sowie die akribische Korrektur der Abbildungsverzerrungen auf jedem Bild erforderlich, die bei Luftaufnahmen von einem stark durchschnittenen Gelände sehr bedeutend sind.

unversehrt und konnten im Interesse der Forschung und Volkswirtschaft verwendet werden.

Im weiteren wurden die Orbitalstationen vervollkommenet, ihre Konstruktion wurde immer komplizierter und ihre Einsatzdauer im Kosmos immer länger. Da alle Stationen dieses Typs für den Mehrzweck Einsatz ausgelegt waren, wurde ihre Konstruktion je nach den konkreten Aufgaben abgeändert.

Die Orbitalstation Salut 2, die am 3. April 1973 auf eine Umlaufbahn gelangte, war für die Überprüfung ihrer vervollkommeneten Konstruktion sowie ihrer neuen Systeme bestimmt und arbeitete automatisch. Die dabei gewonnenen Daten

dienten der Entwicklung neuer Orbitalstationen der „Salut“-Serie.

Auch die Vervollkommenung der Sojus-Raumschiffe nahm ihren Fortgang. Am 27. September 1973 gelangte das Raumschiff Sojus 12 mit den Fliegerkosmonauten W.G. Lasarew und O.G. Makarow an Bord auf seine Umlaufbahn. Zum Flugprogramm gehörte die Spektrometrierung der Erdoberfläche und die Untersuchung von Gebieten mit dürre- und krankheitsgeschädigten Pflanzen. Am 18. Dezember 1973 startete das Raumschiff Sojus 13 mit den Fliegerkosmonauten P.I. Klimuk und V.V. Lebedew. Nach dem Naturerkundungsprogramm befaßte sich die Besatzung

Aufnahmen haben die Geologen festgestellt, daß sich die eurasische Platte an der südlichen Grenze der Krim auf die Kleine Schwarzmeerplatte schiebt. Die Geologen sind der Ansicht, daß die Krimberge nur deshalb bestehen, weil sich die Schwarzmeersenke nach und nach (mit einer Geschwindigkeit von mehreren Millimetern im Jahr) schließt.

Dieser Schlußfolgerung gingen recht zeit- aufwendige und komplizierte Untersuchungen voraus, an denen sich Meeresgrundgeologen, Geomorphologen, die sich mit dem Studium der Küstenvorgänge befassen, sowie Spezialisten- gruppen für seismische Erkundung beteiligten. Die komplexe Untersuchung der Schwarzmeer- küste zwischen Odessa (im Westen) und Sotschi (im Südosten) unter Anwendung von Fernerkundungsmethoden einschließlich Luft- und Raumflugaufnahmen förderte die Her- ausbildung einer grundlegenden Vorstellung von der Tektonik der Erdrinde an der Nahtstelle der eurasischen und der afrikanischen lithosphäri- schen Platte. Die Abbildungen 12, 13 und 14 zeigen Hauptabschnitte der Schwarzmeerküste, wo die komplexe Sondierung der Erdrinde und die dazugehörigen Untersuchungen über längere Zeit durchgeführt wurden.

Brüche der Erdrinde

Im Ergebnis geologischer Prozesse entstehen in der Erdrinde Falten, die von Dehnungen und Tiefrissen begleitet werden. Mitunter reichen die Brüche durch die ganze Erdrinde in den Mantel

(die unter der Rinde liegende nächste Schicht der Erde) hinein. Über die Bruchstellen der Erdrinde dringt die Tiefengesteinsschmelze, das Magma, nach oben. In Gebieten mit vulkanischer Tä- tigkeit ergießt sich das Magma auf die Erd- oberfläche. In der Regel zeichnen sich diese Gebiete durch erhöhte seismische Aktivität aus.

Besonders informativ für die Untersuchung der Erdrindenbrüche sind solche kosmische Aufnahmen, auf denen zahlreiche Linien und Streifen- Lineamente- zu sehen sind. Sie ent- sprechen Erdrindenbrüchen oder Riften- gi- gantischen Rissen, die sich über Hunderte von Kilometern hinziehen. Viele Brüche und Rift- zonen sind auch heute noch aktiv und lösen Erdbeben aus. Die Prognostizierung von Erd- bebenherden nach Bruchmustern auf kosmi- schen Aufnahmen ist eine wichtige Forschungs- richtung der kosmischen Geologie. Immer um- fassendere Anwendung finden Orbitalaufnah- men bei der Suche nach Erzvorkommen, die stets mit struktureller Verschiedenartigkeit der Erdrinde zusammenhängen.

Das Bruchmuster der Erdrinde ist gewöhn- lich so stechend scharf, daß es aus einer Höhe von mehreren hundert Kilometern mühelos erkannt werden kann. Während der zwei Ex- peditionen der Orbitalstation Salut 5 im August 1976 und im Februar 1977 beobachteten die Kosmonauten im Illuminator und mit Hilfe einer optischen Visiervorrichtung den Sewan- bruch. Ihn kennen die Geologen, die den Kauka- sus untersuchen, schon seit langem. Der bekannte sowjetische Wissenschaftler J. J. Mi-

mit Multispektralfotografie und Spektro- graphie.

Am 25. Juni 1974 wurde eine neue Orbitalstation Salut 3 auf die Umlaufbahn gebracht. Sie unterschied sich konstruk- tionsmäßig von Salut 1 sowohl hinsichtlich der Anordnung der Räumlichkeiten als auch in bezug auf bestimmte Systeme und Aus- rüstungen. An Bord der Station befand sich eine komplexe Trainingsanlage mit einem Laufband und anderen Sportgeräten für verschiedene körperliche Übungen. Das Training war nötig, um der schädlichen Einwirkung der Schwerelosigkeit auf den menschlichen Organismus während des langen Aufenthalts im Kosmos entgegen-

zuwirken. Das Stabilisierungssystem der Station sicherte deren laufende Orientierung auf die Erde.

Am 3. Juli 1974 startete das Raumschiff Sojus 14 mit den Fliegerkosmonauten P. R. Popowitsch und J. P. Artjuchin an Bord. Am 5. Juli erfolgte die Kopplung des Raumschiffes mit der Station Salut 3. Die Kosmonauten begannen mit der Erfüllung ihres Programms, das sich auf die Geologie, Geographie, Land- und Forstwirtschaft, Ozeanologie und die Hydrologie bezog. Am 19. Juli kehrten die Raumfahrer auf die Erde zurück. Sie brachten zahlreiche Fotoauf- nahmen, Spektrogramme und Ergebnisse visueller Beobachtungen mit, die zum Stu-

lanowski hat übrigens diesen Bruch in seinen Arbeiten ausführlich beschrieben. Trotzdem wird der Bruch auf verschiedenen tektonischen Karten des Kaukasus unterschiedlich dargestellt.

Die Auswertung der von den Kosmonauten P. I. Klimuk und V. I. Sewastjanow im Juni 1975 gemachten kosmischen Aufnahmen hat ergeben, daß sich der Sewanbruch lediglich unmittelbar am Sewansee als scharfe Linie abzeichnet. Die Aufnahmen lassen jedoch darauf schließen, daß sich der Bruch auch seitlich des Seebeckens fortsetzt. Visuelle Beobachtungen ermöglichten es, die präzisen Ausmaße dieser tektonischen Struktur festzustellen. Dabei ergab sich, daß der in der Nähe des Sees liegende Abschnitt Teil einer ausgedehnten tektonischen Linie ist, fast fünfmal so lang wie der Sewansee.

Da in der Nähe des Sewansees große ingenieurtechnische Anlagen zur Umleitung von Flüssen aus den umliegenden Bergen in das Seebecken gebaut wurden, um das Ackerland zu bewässern und die Verlandung des größten Wasserbeckens Armeniens zu verhüten, brauchten die Spezialisten genaue Angaben über das Strukturmuster der Erdrinde dieser Region und über den Zusammenhang seines geologischen Aufbaus mit der seismischen Aktivität des Erdinnern. Aus diesem Grund blieb das Sewanbecken in den nachfolgenden acht Jahren unter ständiger Beobachtung der sowjetischen Raumschiffsbesatzungen. Die Abb. 15 zeigt, wie dieses Territorium aus der Orbitalhöhe aussieht, während die Abb. 16 und 17 eine Vorstellung

vom Bodenuntersuchungsgebiet vermitteln, wo die geologischen Besonderheiten der Brüche am Sewansee allseitig erforscht wurden.

Besonders deutlich kann man aus der Orbitalhöhe Riftstrukturen erkennen, die bei der Längsdehnung der Erdrinde entstanden sind. Die Kosmonauten beobachteten und fotografieren regelmäßig das Riftsystem des Baikals (Abb. 18) sowie die danebenliegenden Riftsenken am Oberlauf der Angara und des Bargusins. Fest steht, daß sie auf geradlinige und gebogene Bruchstufen begrenzt sind. Vielerorts verlaufen diese Brüche zickzackartig, was für Zugspalten charakteristisch ist. Diese Angaben bestätigen die Meinung mancher Geologen über den auseinanderdriftenden Charakter der Riftsenke des Baikals.

Die Abb. 19 zeigt eine synthetisierte Farbaufnahme, die bei der Erfüllung des sowjetisch-indischen Programms „Terra“ im April 1984 gemacht worden ist. Auf der Aufnahme ist ein Teil einer der größten tektonischen Strukturen des indischen Subkontinents zu sehen, eines Bruchs, der längs der Flußtäler der Narbada und des Sons vom Cambay-Golf im Westen bis zum Fluß Brahmaputra im Osten verläuft. Indische Geologen, die sich mit der Suche nach Bodenschätzen längs des Lineaments Narbada-Son befassen, interessieren sich seit langem für diese Großstruktur.

Im Bereich des auf der Abbildung dargestellten Territoriums ist zu bemerken, wie das Indische Plateau zum Bruch hin von der mittleren Höhe 600 Meter bis zur Höhe 100

dium von Gebieten um das Kaspische Meer und in Mittelasien sowie längs der Baikal-Amur-Magistrale verwendet wurden.

Die Station Salut 3 setzte ihren Flug im automatischen Betrieb bis zum 24. Januar 1975 fort.

Am 26. Dezember 1974 begann der Flug der Orbitalstation Salut 4. Im Vergleich zu Salut 1 hatte sie rund 700 Kilogramm mehr Forschungs- und Experimentalgeräte an Bord, die insgesamt über zwei Tonnen wogen. Die Gesamtfläche der drei Solarzellenausleger – die vorangegangenen Stationen hatten nur je zwei davon – betrug 60 m². Die Station hatte 28 Bordfenster für visuelle Beobachtungen, Fotoaufnahmen

und andere Experimente. Die Gesamtzahl der einzelnen Geräte und Aggregate wuchs auf 1500. Im Vergleich zu ihren Vorgängerinnen wurde die Station Salut 4 auf eine höher liegende Umlaufbahn (350 Kilometer) gebracht, was die Möglichkeiten der Erdübersicht vergrößerte und den Treibstoffverbrauch für Flugbahnkorrekturen bei der Überwindung des bremsenden Einflusses der oberen Atmosphärenschichten senkte. In der Station Salut 4 arbeiteten zwei Kosmonautengruppen: zuerst die aus A. A. Gubarew und G. M. Gretscho bestehende Sojus-17-Besatzung (vom 11. Januar bis 9. Februar 1975) und später P. I. Klimuk und V. I. Sewastjanow, die



Sojus-18-Besatzung (vom 24. Mai bis 26. Juli 1975).

Wesentlich vielfältiger waren nun im Vergleich zu den vorangegangenen Flügen die geophysikalischen Untersuchungen, in deren Verlauf Farb-, Spektralbereich- und Schwarzweißfilme verschiedenen Maßstabs (insgesamt kamen zwölf Filmtypen zur Anwendung) sowie Multispektralaufnahmen gemacht und die obere Atmosphäre im ultraviolett und infraroten Bereich untersucht wurden. Dabei konnten nicht nur wissenschaftliche, sondern auch einige angewandte volkswirtschaftliche Aufgaben gelöst werden. Besonders zu erwähnen sind dabei eine Analyse

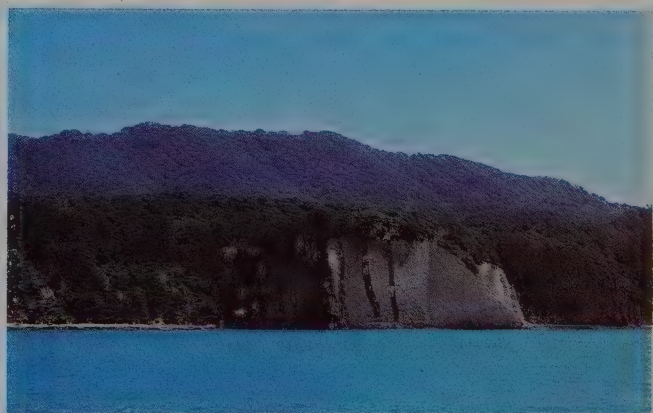
des geologischen Aufbaus von Gebieten der West- und Südukraine, der Gebiete Kuibyschew und Orenburg, einiger Gebiete Mittelasien, der fernöstlichen Küstenregion und der Gegenden längs der BAM-Trasse zwecks Erkundung Erdöl-, Erdgas- und erzhöflicher tektonischer Strukturen; die Einschätzung nutzbarer Wasserressourcen in Mittelasien und im Kaukasus sowie eine Analyse der Muren- und Lawinenprozesse im Pamir, Altai und Tienschan; das Studium der Durchfeuchtungs- und Versalzungsverhältnisse auf bewässerten Flächen im Ferganabecken usw.

Während der Arbeit der Station nach

Abb. 11. Sogar aus dem Weltraum fällt der steile Abfall der Berge an der Südküste der Halbinsel Krim auf, deren geologische Struktur im Ergebnis einer in Südrichtung erfolgten aktiven Verschiebung der Halbinsel entstanden ist.



Abb. 12, 13 und 14. Teile der Schwarzmeerküste im Süden der Krim und im Raum der Stadt Tuapse (Bild unten rechts). Die Falten des Küstenabhangs sind Zeugen intensiver Gebirgsbildungsprozesse, die im nordöstlichen Teil des Schwarzmeerbeckens vor sich gehen.



dem Programm der Fernerkundung der Erde wurden in besonderen Kontrolltestabschnitten gleichzeitig Subsattellitenexperimente (Luftaufnahmen und Bodenbeobachtungen) für die Ausarbeitung von Methoden zur Auswertung kosmischer Aufnahmen angestellt.

Nach dem Abkoppeln des Raumschiffes Sojus 18 setzte die Station Salut 4 ihren Flug im automatischen Betrieb fort. Am 17. November 1975 koppelte das unbemannte Raumschiff Sojus 20 automatisch an sie an. Die Station arbeitete bis zum 3. Februar 1977 im automatischen Betrieb.

Somit wuchs im sowjetischen kosmischen Programm die Bedeutung bemannter

Orbitalstationen mit wechselnden Besatzungen. Diese Raumlaboratorien dienten nicht nur der Fernuntersuchung der Erde, sondern auch für Experimente auf dem Gebiet der kosmischen Technologie, beispielsweise Schweißen und Löten, Züchtung von Kristallen, Gewinnung superreiner Arzneien usw. Außerdem wurden sie bei umfangreichen Forschungen in der Astronomie und Astrophysik, beim Studium der Sonne und des interplanetaren Mediums eingesetzt. Im Zusammenhang mit den Langzeitflügen gewannen medizinisch-biologische Forschungen außerordentlich an Bedeutung. Das tiefeschürfende und allseitige Studium



Abb. 15. Kosmische Aufnahme des vulkanischen Armenischen Hochlandes. Geologen, die den Kleinen Kaukasus untersuchen, weisen auf die sehr stark ausgeprägte Erdkrustenzerklüftung hin, die zur Bildung hunderter kleinerer Brüche geführt hat. Derartige tektonische Deformationen der Landschaft sind auf dem Bild zwischen den Wolken deutlich zu erkennen. Eine ausgeprägte Besonderheit dieses Gebiets ist die dichte Verflechtung von Bruchlinien und Kegeln junger Vulkane. Die Brüche heben sich vom Hintergrund einer Landschaft deutlich ab, deren Entstehung wesentlich von Lavaströmen geprägt worden ist. Auf dem Foto zeigen sich diese Besonderheiten am deutlichsten in der Abbildung der Landschaft um den Vulkan Agmagan, der sich über dem Südufer des Sewansees erhebt (unten rechts).



Abb. 16 und 17. Brüche im Vulkangebirge des Armenischen Hochlandes. Der Geologenhammer und die moderne Technik geophysikalischer Untersuchungen werden in diesem wissenschaftlichen Versuchsgelände umfassend gerade in jenen Tagen eingesetzt, wenn das Territorium Armeniens aus dem Kosmos fotografiert wird.

Abb. 18. Teil des Baikalseebeckens, des größten tektonischen Grabens der Welt. Auffallend ist die

verzweigte Struktur der Brüche des Baikalseegrückens, der sich längs des westlichen Seeufers hinzieht.

Abb. 19. Diese kosmische Aufnahme zeigt einen kleinen Teil eines sehr großen Erdkrustenbruchs, der sich in West-Ost-Richtung über

das ganze Territorium Indiens vom Golf von Cambay bis nach Nordburma längs der Täler der Flüsse Narbada, Son und Brahmaputra



des menschlichen Organismus, die gesammelten Angaben über sein Verhalten unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit und die nachfolgende Readaption an die Erdgravitation, die sorgfältige Untersuchung der Ernährung sowie der Arbeits- und Erholungsbedingungen an Bord lieferten den Medizinern einmalige Informationen, die in der ärztlichen Praxis Anwendung finden.

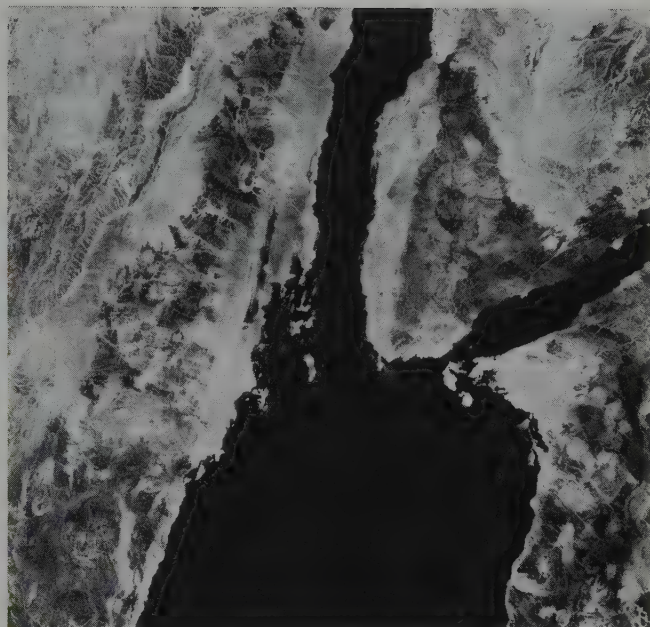
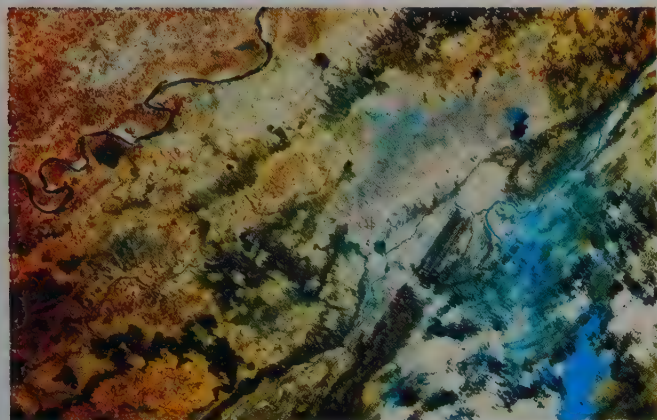
Schon Konstantin Ziolkowski träumte von kosmischen Laboratorien mit internationalen Besatzungen. Der Traum dieses großen Gelehrten wurde Wirklichkeit, denn es fanden gemeinsame Flüge von Kosmonauten aus verschiedenen Ländern,

u. a. im Rahmen des Experimentalfluges Apollo-Sojus statt.

Am 15. Juli 1975 um 15. 20 Uhr Moskauer Zeit startete das sowjetische Raumschiff Sojus 19 mit den Kosmonauten A. A. Leonow und V. N. Kubassow an Bord. Siebeneinhalb Stunden später stieg von Kap Canaveral das amerikanische Raumschiff Apollo mit den Astronauten Thomas Stafford, Donald Slayton und Vance Brand auf. Am 17. Juli 1975 um 19.12 Uhr Moskauer Zeit koppelten die Raumschiffe Sojus 19 und Apollo. Im Kosmos entstand der erste internationale Raumfahrtkomplex Sojus-Apollo. Drei Stunden später stiegen Thomas Stafford und Donald Slayton in das

dahinzieht. Man sieht einen Teil des Bruchs, der an der Grenze der Staaten Uttar-Pradesch und Madhja Pradesch liegt.

Abb. 20 (rechts). Der tektonische Graben des Roten Meeres. Der Golf von Suez und der Golf von Akaba.



Meter über dem Meeresspiegel zunächst steil abfällt und dann nach dem Gangestal allmählich abflacht. Die Möglichkeit, mit Hilfe kosmischer Aufnahmen das komplizierte Strukturmuster des Indischen Plateaus zu untersuchen, eröffnet den Geologen Perspektiven für die Erkundung neuer mineralischer Bodenschätze und für die weitere Erschließung bereits erkundeter Lagerstätten.

Ein weiteres ausgeprägtes Beispiel großer Riftzonen zeigen die kosmischen Aufnahmen von der Senke des Roten Meeres, das an der Grenze zwischen der afrikanischen und der arabischen lithosphärischen Platte liegt (Abb. 20).

Recht bezeichnend in geologischer Hinsicht ist die Aufnahme des Gibraltar-Rifts (Abb. 22), dessen Entstehung mit dem Auseinanderdriften Europas und Afrikas zusammenhängt. Wie unschwer zu erkennen ist, bilden die geologischen Strukturen der beiden Kontinente die gegenseitige Fortsetzung.

Im Dezember 1977 fiel den Kosmonauten G. M. Gretschnko und J. W. Romanenko das Netz von Bruchstörungen im Süden Lateinamerikas und in den Patagonischen Anden (Abb. 21) auf. Zwischen der Pazifikküste und den Binnenseen San Martin, Viedma und San

sowjetische Raumschiff um. Bei diesem Flug wurde eine Reihe gemeinsamer wissenschaftlicher Experimente durchgeführt. Am 21. Juli 1975 kehrte Sojus 19 auf die Erde zurück. Am 25. Juli beendete das amerikanische Raumschiff seinen Flug.

Inzwischen bereitete man den Einsatz der neuen Orbitalstation Salut 5 vor. Sie startete am 22. Juni 1976. An Bord dieser Station waren zwei Besatzungen tätig: B. V. Wolynow und V. M. Sholobow (vom 7. Juli bis zum 23. August 1976) und V. W. Gorbato und J. N. Glaskow (vom 8. bis zum 24. Februar 1977). Das Arbeitsprogramm sah neben Orbitalaufnahmen zur Naturerkundung auch komplexe visuelle Beobachtungen vor.

Zu diesem Zweck waren die Kosmonauten in einem Flugzeuginstaurant besonders ausgebildet worden. Das Programm visueller Beobachtungen wies eine ausgeprägt praktische Ausrichtung auf und diente konkreten Aufgaben. Zur Steigerung der Effektivität der Beobachtungen befand sich eine besondere optische Visiervorrichtung mit veränderlicher Vergrößerung und Fotozusatzgerät an Bord der Station. Mit dieser Vorrichtung konnte man u. a. das zu beobachtende Objekt eine Zeitlang im Blickfeld behalten und so die Dauer seiner Untersuchung verlängern.

Die beiden Expeditionen arbeiteten in einem Abstand von sechs Monaten. Deshalb



konnten die Kosmonauten dieselben Gebiete auf dem Territorium der UdSSR sowohl im Sommer als auch im Winter untersuchen. In methodischer Hinsicht war das wichtig, weil sich so die Möglichkeit bot, den Einfluß der Schneedecke auf die Ergebnisse visueller Orbitalarbeiten einzuschätzen.

Einen wichtigen Platz nahm im Programm die Untersuchung des Einflusses des Standortes der Sonne auf die Sichtverhältnisse bei Naturobjekten ein. Wie sich herausstellte, heben sich bei niedrigem Sonnenstand kontrastarme Reliefeinheiten und geologische Strukturen besonders deutlich ab. Steht die Sonne im Azimut, ist der Dunsteinfluß geringer. Festgestellt

wurde, daß in Gebirgsgegenden mit ihrer sauberen Atmosphäre viele Einzelheiten zu sehen sind, wogegen in Ebenen die geringere Durchsichtigkeit der unteren Atmosphärenschichten die Beobachtung erschwerte.

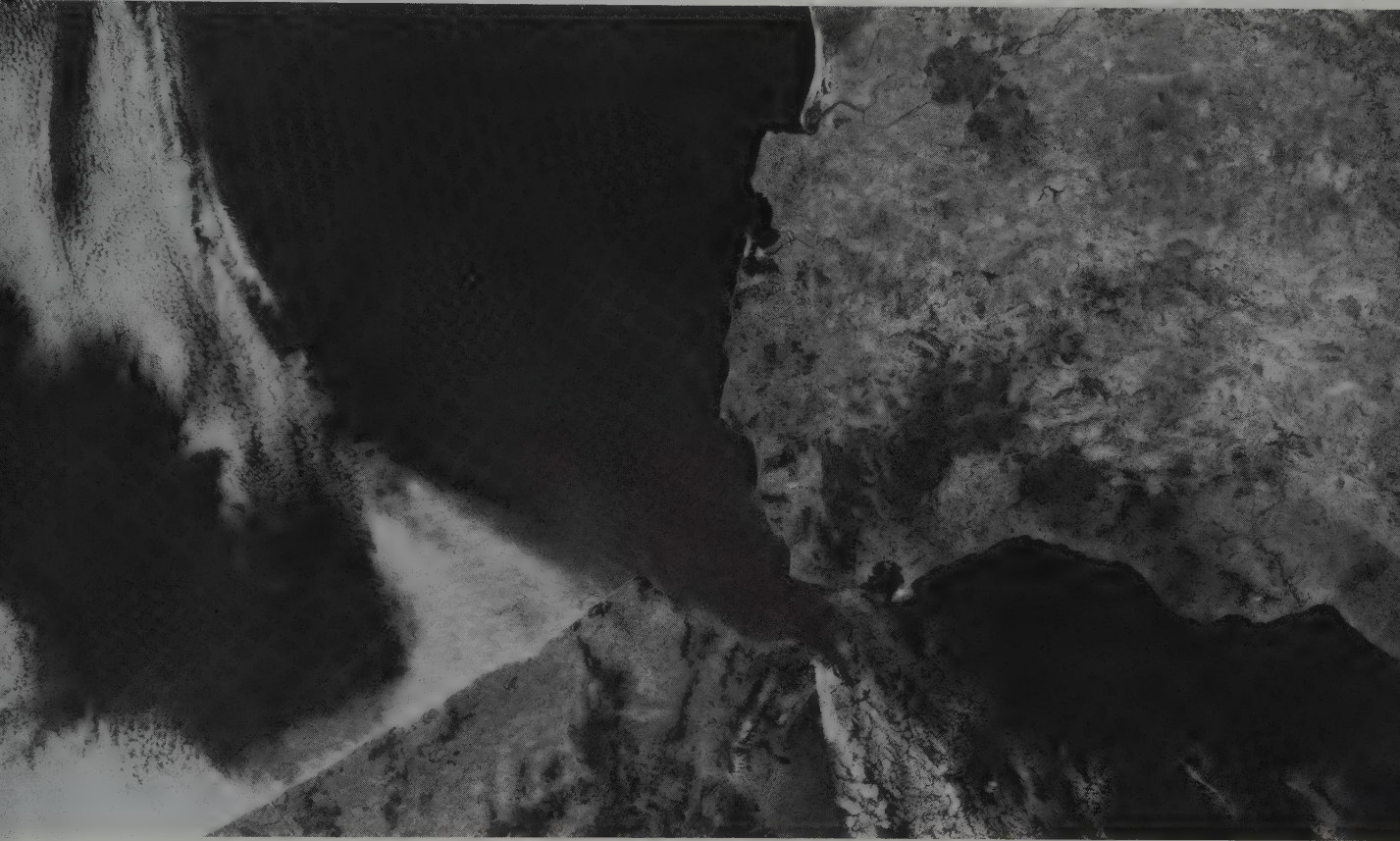
Im Rahmen des Programms wurde u. a. der Sewanbruch längs des nordöstlichen Ufers des Sewansee beobachtet. Die Kosmonauten waren beauftragt worden, die Fortsetzung des am Sewansee beginnenden Bruchs zu verfolgen und eventuell Einzelheiten ausfindig zu machen, die auf früheren Orbitalaufnahmen dieses Gebiets verborgen blieben. Die visuelle Beobachtung zeigte, daß der Bruchabschnitt am Seebecken

Abb. 21. Die Netzstruktur der Brüche, die die Südpatagonische Eiskappe umgibt, ist für Erdgebiete typisch, wo sich die Erdkruste intensiv anhebt.

Abb. 22. Die Straße von Gibraltar wird von Jahr zu Jahr breiter. Es wäre kaum möglich, aus dem Kosmos die Zunahme der Entfernung zwischen den

zwei lithosphärischen Platten zu messen, doch gestattet eine Orbitalaufnahme, in Gedanken den europäischen und den

afrikanischen Kontinent einander anzunähern und zu erkennen, wie die geologischen Strukturen der beiden Kontinente ineinander übergehen.



Bestandteil einer ausgedehnten tektonischen Linie ist, deren Länge mit dem See verglichen wurde. Die Beobachtung aus dem Orbit ergab, daß diese Linie fünf Male so lang wie der See ist. Eine solche Beobachtung ist von praktischem Interesse, weil sie auf die Rolle des Sewanbruchs in der Struktur des Kaukasus hinweist und die Forscher auf seine weitere Untersuchung orientiert.

Von Bord der Station Salut 5 wurde auch das Baikal-Rift-System untersucht. Dabei erkannte man, daß das System der Senken, Hügel und Gebirgskämme (Baikal, Tunkinsenke, Becken des Chöwsgölsees) eine zusammenhängende Riftzone bildet.

Bei der visuellen Beobachtung waren

neben Gebirgskämmen auch kleinere Anhöhen und Hügel sowie Sandwüsten in Form gelblicher und rötlicher Flächenobjekte klar zu sehen. Die gewundenen Linien ausgedehnter Sandhügelketten konnten verfolgt werden. Man sah Barchanansammlungen und Gegenden, wo der Sand auf pflanzenbedecktes Territorium vordringt. Sehr plastisch hoben sich größere Flußtäler ab, beispielsweise das Überschwemmungsgebiet und das Delta der Wolga. Die Kosmonauten beobachteten Abschnitte der Flußversandung und austrocknende Flüsse, die in Wüstengebieten verschwinden, sahen scharf umrissene felsige Buchten im gebirgigen Teil der

Argentino ist ein dichtes Netz von Fjorden in Form abgeflachter Linien zu sehen. Das ganze Territorium stellt hier ein Mosaikbild dar. Die Geologen nehmen an, daß derartige Abschnitte durch Bruchstörungen der Erdkruste entstanden sind. Besonders große Fjorde sind durch tektonische Stufen begrenzt, deren Entstehung mit regionalen Feldern tektonischer Spannungen zusammenhängt, die in der Regel in harten Erdkrustenschollen entstehen. Das Vorhandensein zahlreicher Fjorde mit Steilhängen erklärt sich durch den Einfluß ausdehnender Kräfte, was seinerseits dafür spricht, daß sich diese Gegend der Erde hebt.

Kosmische Aufnahmen veranschaulichen, daß in Gegenden mit Anhäufungen von Erdkrustenfalten Serien von Längsbrüchen vorkommen, die von Quer- und Diagonallinien – gegenüber der allgemeinen Richtung der Falten – überschritten werden. Als Beispiel solcher Faltenzonen dienen die Ostküste des Persischen Golfs (Abb. 23) und die Gebirgskämme des Kopetdag längs der Grenze zwischen der UdSSR und dem Iran (Abb. 24).

Sowjetische Geologen widmen dem Studium der Faltenzonen auf dem Territorium der UdSSR besondere Aufmerksamkeit. Methodische Fragen der geologischen Fernerkundung solcher Gebiete werden auf Testgeländen in verschiedenen geologischen Zonen überprüft. Die Gesamtansicht einer solchen Faltenstruktur im Kirgisischen Gebirge ist auf Abb. 25 dargestellt.

Die bei der Auswertung kosmischer Auf-

Abb. 23. Die Erdkruste auf beiden Seiten des Persischen Golfes ist durch Falten stark zerklüftet. Östlich der Straße von Hormus sind

zahlreiche subparallele Relieffalten zu sehen, die im heißen Wüstenklima verwittern.

nahmen gesammelten Erfahrungen machen deutlich, daß auf solchen Abbildungen mühelos regionale Brüche erkannt werden, an denen entlang sich gewöhnlich die Erdbebenherde konzentrieren. Entsprechende Untersuchungen laufen gegenwärtig in vielen Ländern, um Gebiete mit erhöhter seismischer Gefahr rechtzeitig zu erkennen. Als Beispiel kann die Aufnahme der Lopnorsenke in Nordwestchina (Abb. 26) dienen. Gebirgsketten umrahmen die Senke im Süden. Kosmische Aufnahmen zeugen von gewaltigen Prozessen der Gebirgsbildung. Zu erkennen sind zahlreiche Brüche, von denen sich der größte südlich vom ausgetrockneten Lopnorsee abzeichnet. Dort ist heute eine flache Senke zu sehen, die sich allmählich mit Wüstensand füllt.

Ringstrukturen

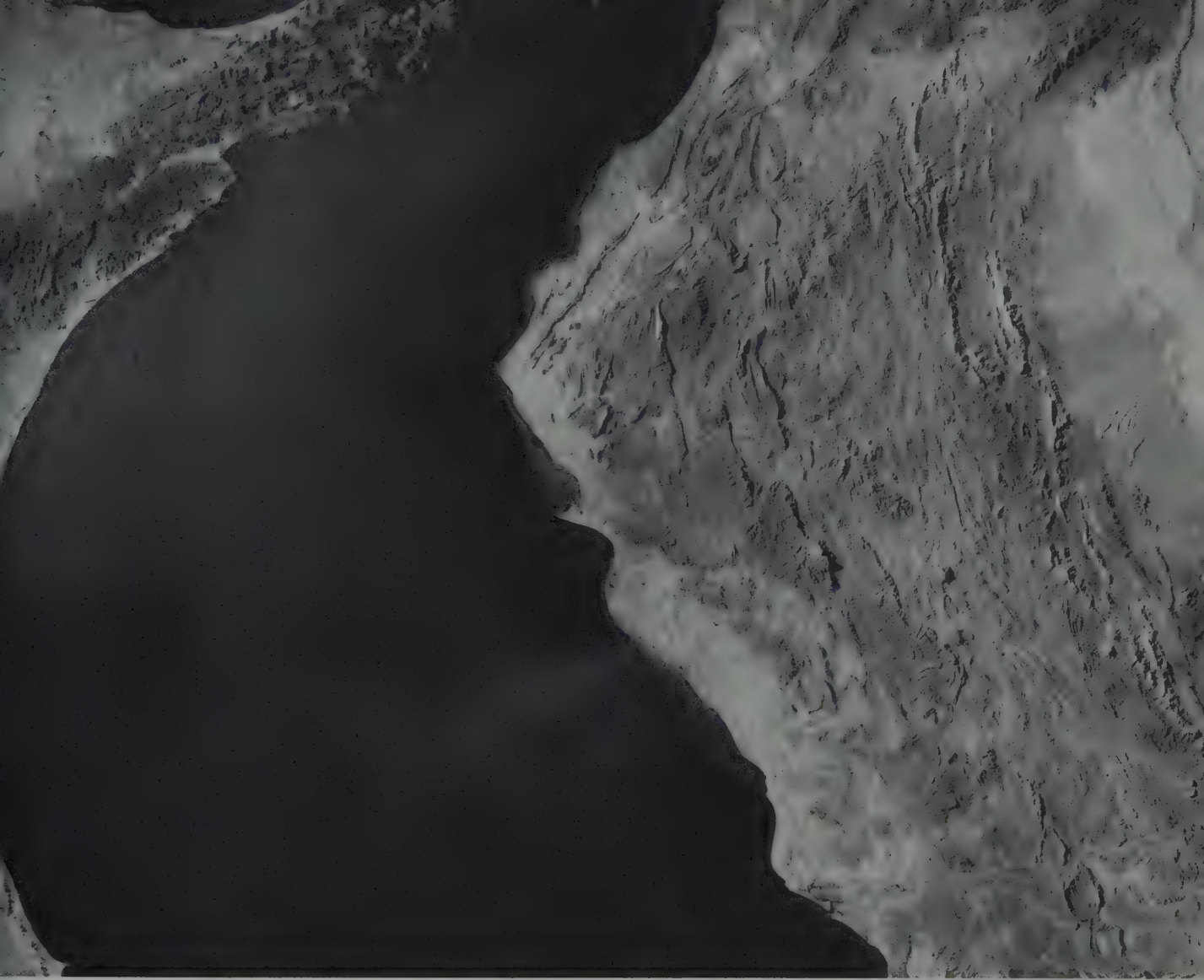
Auf den kosmischen Umlaufbahnen sind viele interessante und wichtige Informationen über Ringstrukturen gewonnen worden. Das sind älteste geologische Gebilde, die durch Oberflächenablagerungen und die Pflanzendecke äußerst verborgen sind. Die meisten von ihnen zeichnen sich auf kosmischen Aufnahmen deutlich ab und werden von der Umlaufbahn aus

Halbinsel Krim sowie deren rautenförmige Konfiguration, die möglicherweise eine Folge der planetaren Klüftung ist.

Viele interessante Informationen sammeln die Kosmonauten bei der Beobachtung der Eis- und Schneedecke in Gebirgen. Die optische Visiervorrichtung gestattet eine ausführliche Untersuchung einzelner Besonderheiten dieser Decke. Im Sommer ist beispielsweise die saisonbedingte Gletschergrenze einwandfrei zu erkennen. Auch viele morphologische Besonderheiten der Gletscher sind sichtbar. Die Ausrichtung der Schneeüberwehungen läßt auf die Windrichtung im jeweiligen Gebiet schließen. Es bot sich die Möglichkeit, die Zungen von Glet-

schern zu erkennen, die sich im aktiven Bewegungszustand befinden, d. h. pulsieren. Auch ließen sich Eisstauseen leicht erkennen. Wenn die Kosmonauten derartige Informationen umgehend zur Erde übertragen, kann man rechtzeitig Maßnahmen ergreifen, um die Bevölkerung vor Naturkatastrophen zu schützen.

Viele Beobachtungen der Kosmonauten dienten dem Studium der Farbcharakteristiken des Weltmeeres. Dabei sahen sie deutlich die Trübstoffführung der Flüsse, die mitunter Dutzende Kilometer ins Meer hinausreicht und sich über Hunderte Kilometer längs der Küste ausbreitet. Von Interesse ist der Umstand, daß sich die Trübstoffführung



üblicherweise sehr scharf abgrenzt und auf Karten recht genau vermerkt werden kann.

An der Küste Südamerikas beobachteten die Kosmonauten im Ozean ein Gebiet mit anomal schmutziggrauer Wasserfarbe, d. h. möglicherweise eine Region, wo tieferliegende Wasserschichten an die Oberfläche emportreten. Verschiedene Strömungen zeichneten sich durch eine unscharfe Farb-grenze ab.

Über Südamerika konnten die Kosmonauten das Walddickicht von durch Hochwasser überschwemmten Dschungel besonders bei niedriger Sonne mühe-los unterscheiden. In der Wüste Taklimakan sahen sie deutlich einen Staubsturm, der ein

ausgedehntes Gebiet erfaßt hatte und sich in östlicher Richtung fortbewegte. An den Hängen von Bergmassiven im Zentralteil der Sahara waren Spuren großer Bergstürze zu erkennen.

Die Besatzungen der Station Salut 5 teilten mit, daß bei visueller Orbitalbeobachtung der Eindruck entsteht, daß auf dem Festland ausgedehnte Stein- und Sandwüsten sowie Gebirgsgegenden überwiegen, während die Kulturlandschaft relativ geringe Ausmaße aufweist. Diese Beobachtung vermittelt eine Vorstellung von dem Grad der Erschließung der Erde sowie vom Charakter der Bodennutzung und zeigt, daß die Menschheit, will sie ihren



Abb. 24. Die Bergrücken des Kopetdag, die längs der Staatsgrenze zwischen der UdSSR und Iran verlaufen, bilden ein typisches Faltengebirge.

Abb. 25. Wo die Erdkrustenfallen an die Oberfläche treten, werden sie unter der Einwirkung von Sonne, Wind, Wärme und Wasser zerstört. Auf

dem Bild: Das Dshetty-Ogus-Tal in Kirgisien

Abb. 26. Dieser Teil des Hauptbruchs im Kunlun

liegt 1000 km von dem Bruchabschnitt entfernt, den die Abbildung 8 zeigt. Er hebt sich ebenfalls scharf vom Hintergrund ab und bildet eine



Planeten urbar machen, noch vor ungeheuren Aufgaben steht.

Aus dem Orbit konnten die Kosmonauten deutlich Waldbrände sehen. In einigen Ländern beobachteten sie Staubwolken über Tagebauen. Nachts waren brennende Erdgasfackeln gut sichtbar. Auf der Ozeanoberfläche zeichneten sich Ölflecke ab. Industriezentren fielen durch dunkle Smogglocken auf. Unverkennbar waren lange Rauchfahnen aus Schloten einiger Großbetriebe und ihre Einwirkung auf die Umwelt. Die kosmische Beobachtung kann also auch zur Ermittlung besonders gefährlicher Quellen der Umweltverschmutzung dienen.

Es muß hervorgehoben werden, daß die Effektivität der visuellen Beobachtungen von der zielgerichteten Ausbildung der Kosmonauten abhängt. Ein Forschungskosmonaut muß nicht nur über fundierte technische und geographische Kenntnisse verfügen, sondern auch die Methode der komplexen Landschaftsanalyse beherrschen. Nur so kann er in ausreichendem Maße die regionale, dynamische und insbesondere faktormäßige (wenn sich gleichzeitig mehrere Erdhüllen im Blickfeld befinden) Integration der Orbitalbeobachtung berücksichtigen.

Die Erfahrungen visueller Beobachtungen von Bord der Orbitalstation Salut 5

natürliche Grenze zwischen dem Hochland des Tibet und der Senke der Wüste Takla Makan. An der Bruchzone sind Erdbebenherde konzentriert.

visuell beobachtet. Am besten eignet sich dafür die Winterzeit. Hier ein Auszug der Beobachtungen, die der Kosmonaut der UdSSR W. W. Kowaljonok an das Flugleitzentrum meldete: „Wir überfliegen die Mongolei. Unter uns liegt ein Ring von Gebirgsketten, die vom Schnee scharf gezeichnet sind. Im Sommer ist er nicht zu sehen... Im Winter heben sich geologische Einzelheiten wie Brüche und Ringstrukturen stärker ab.“

Eine synthetisierte Farbaufnahme (Abb. 27) ermöglicht es, die Ringstruktur Konder im sowjetischen Fernen Osten in ihrer ganzen Größe zu sehen. Diese Aufnahme ist mit der Multispektralkamera MKF 6 von Bord des bemannten Raumschiffes Sojus 22 aus gemacht worden.

Wenn die Kosmonauten die Erdoberfläche beobachteten, registrierten sie sehr oft früher unbekannte Abschnitte mit konzentrischer Reliefstruktur, die sich in vielen Fällen undeutlich herausheben und nur durch bogenartige Teile der Täler (Abb. 28), Bergketten und runde Bergmassive erkennbar werden. Derartige Strukturen beeinflussen des öfteren die Vorkommen von Bodenschätzen, deshalb ist ihre Registrierung und spätere Erkundung von praktischem Interesse.

Die am 11. Oktober 1978 von Bord der Station Salut 6 gemachte Aufnahme (Abb. 29) zeigt die Küsten Namibias in Afrika. Dort hebt sich deutlich eine Gruppe von Ringstrukturen ab, die durch subvulkanische Komplexe alkalischer Gesteine gebildet wurden. Die Strukturen



radialer und konzentrischer Risse zeichnen sich auf kosmischen Aufnahmen schärfer als auf den vorhandenen geologischen Karten dieser Region ab. Eine Analyse kosmischer Aufnahmen gestattet es, eine ganze Reihe geologischer

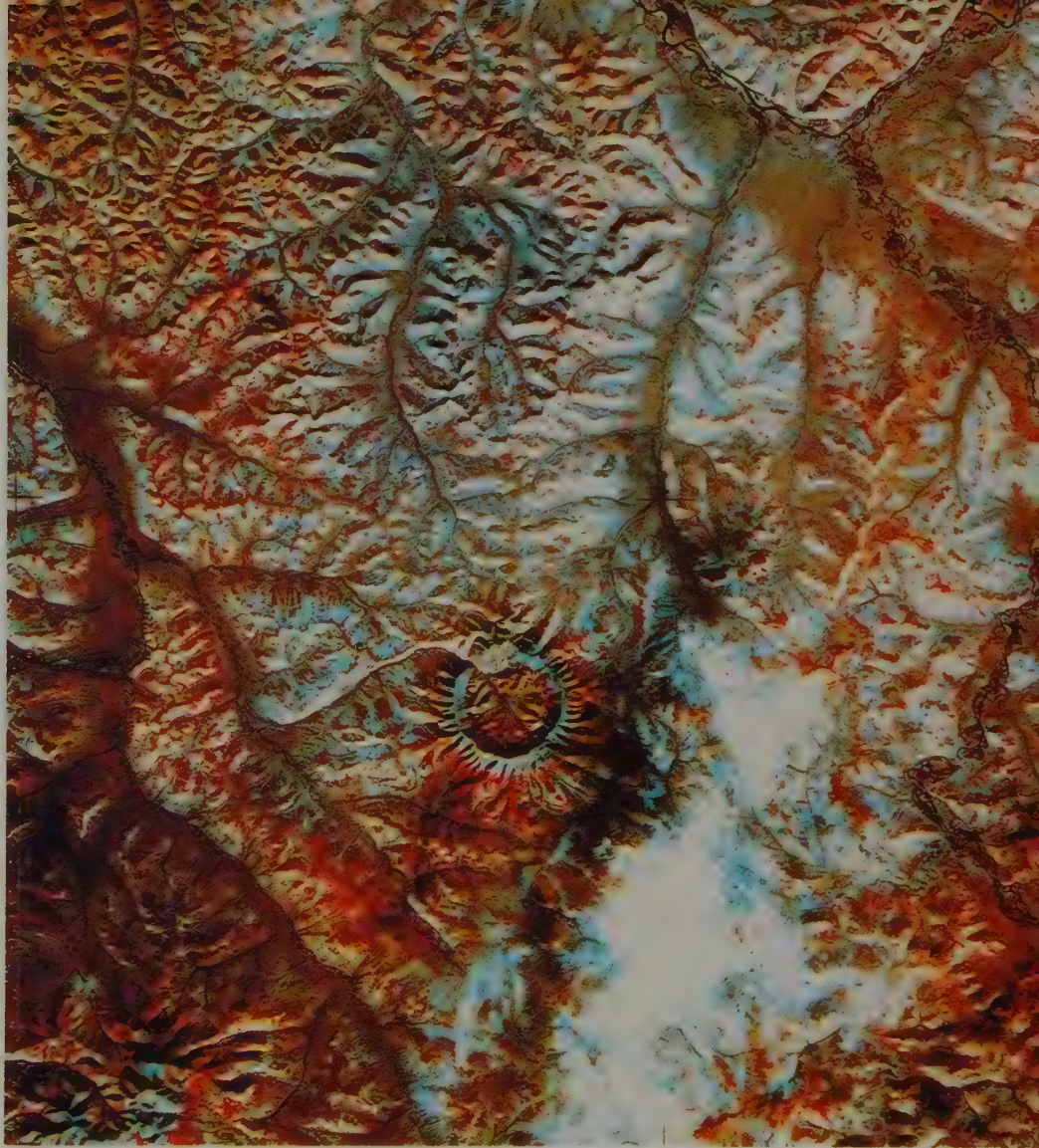
lassen darauf schließen, daß die Untersuchung der natürlichen Umwelt unter unmittelbarer Teilnahme der Kosmonauten über große Möglichkeiten verfügt. Man weiß jetzt, welche Beobachtungen besonders zweckmäßig sind. Dazu gehören: die Analyse großer geologischer Strukturen, die Überwachung der Dynamik der Eis- und Schneeverhältnisse im Gebirge, ozeanologische Untersuchungen, die Ermittlung von Gebieten der Biosphärenverschmutzung, die Registrierung der Entstehung und Ausbreitung von Taifunen, Bränden, Überschwemmungen usw., das Studium der Gebiete aktiver Vulkantätigkeit, die Analyse technogener Landschaftsstörungen, die Anwen-

dung der Visiervorrichtung zur detaillierten Untersuchung natürlicher Objekte wie der Zustand bestellter Flächen oder das Reifen landwirtschaftlicher Kulturen.

Eine Besatzung der Station Salut 5 (Wolynow und Sholobow) verbrachte 48 Tage im Weltraum. Während eines derart langen Aufenthaltes konnten die Kosmonauten sowohl den Kosmos als auch die Erde ausführlich beobachten. Auf die Fragen „Wie sah das All durch die Bordfenster der Station aus?“ antwortete Wolynow: „Der Himmel ist dort immer schwarz. Die Milchstraße leuchtet hell. Gestirne gleichen herabhängenden Weintrauben. Ich empfand die unendliche Tiefe des Weltraums und

Abb. 27 (rechts). Die Ringstruktur Konder in den nordöstlichen Ausläufern des Stanowoigebirges in Sibirien liegt 300 km von der Küste des Ochotskischen Meeres entfernt. Das Kosmosbild bietet die Möglichkeit, ihren Zusammenhang mit dem umliegenden Relief zu untersuchen. Die synthetisierte Farbabbildung der Pflanzendecke (rote Schattierungen) erleichtert die Bildinterpretation der geologischen Struktur dieses schwerzugänglichen Gebiets.

Abb. 28 (links). Das Inyltschek-Tal im Zentralen Tienschan weist auf dem Plan krummlinige Umriss auf. Es gehört zu einer großen Ringstruktur, die aus mehreren Flußtälern besteht. In der Regel schwankt die Zahl solcher Täler zwischen zwei und fünf.



begriff, wie winzig klein doch unser Planet in diesem grenzenlosen Raum ist. Mir wurde klar, wie kurz der Augenblick ist, den uns die Natur zum Leben geschenkt hat. Ich dachte, daß die Sonne auch dann schon genau so hell geleuchtet hatte, als auf der Erde noch kein einziger Mensch war, daß sie genauso leuchten wird, wenn wir nicht mehr am Leben sein werden. Im Maßstab des Alls ist unser Leben gleich dem einmaligen Glimmen eines Leuchtkäfers im nächtlichen Wald. Zugleich spürte ich den Stolz auf die Menschheit, die das erworbene Wissen von einer Generation an die andere weiterreicht und so die Ketten der Erdgravitation sprengen, den Durchbruch in den Kosmos

vollbringen und dessen Erschließung beginnen konnte..."

Besondere Programme waren für die autonomen Flüge von Sojus-Raumschiffen vorgesehen. So startete am 15. September 1976 das Raumschiff Sojus 22, dessen Besatzung aus den Kosmonauten Bykowski und Axjonow bestand. Das Hauptziel dieses Fluges war die Erprobung neuer Methoden und Mittel zur Erkundung der Erdoressourcen aus dem Kosmos. Zu diesem Zweck befand sich an Bord des Raumschiffes die Multispektralkamera MKF 6, die von Spezialisten der UdSSR und der DDR entwickelt und im VEB Carl Zeiss Jena, DDR, gefertigt worden war (Experiment

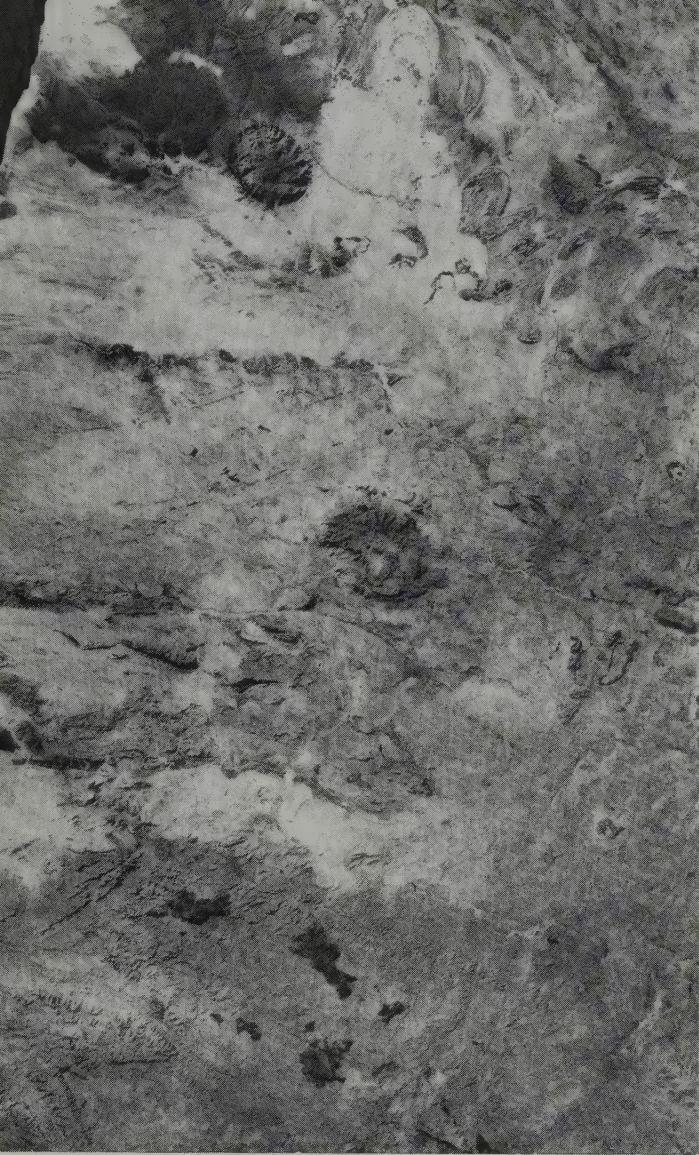


Abb. 29. An der Atlantikküste in Namibia sind runde geologische Strukturen, die auf das Vorkommen verschiedener Bodenschätze hinweisen,

sehr verbreitet. Aus 350 km Höhe lassen sich nicht nur besonders charakteristische, sondern auch viele kleinere Strukturen erkennen.

Gesetzmäßigkeiten festzustellen, die mit der Verbreitung basischer Gesteine zusammenhängen, die bekanntlich auf Vorkommen von Apatit, Nephelin, Eisenerz, seltenen Elementen usw. hinweisen.

Prognosen für die Erkundung von Bodenschätzen

Die Nutzung kosmischer Informationen für die Prognostizierung der Erkundung von Bodenschätzen beruht auf der Möglichkeit, mit ihrer Hilfe tektonische Strukturen oder geologische Gebilde ausfindig zu machen, mit denen gewöhnlich die Erzbildung zusammenhängt. Dabei gilt es als bewiesen, daß Erzlagerstätten in der Regel an Kreuzungen großer Bruchstörungen konzentriert sind und mit Magmakörpern oder mit Ringstrukturen zusammenhängen. Die kosmische Aufnahme der südafrikanischen Küste am Kap der Guten Hoffnung dient als Beispiel eines solchen Territoriums (Abb. 30).

Auf der kosmischen Fotoaufnahme der Ostküste des Persischen Golfes (Abb. 31) heben sich vor dem Hintergrund der Wüstenlandschaft in der Nähe der Insel Qeshm geologische Strukturen ovalen Typs heraus, in denen in großer

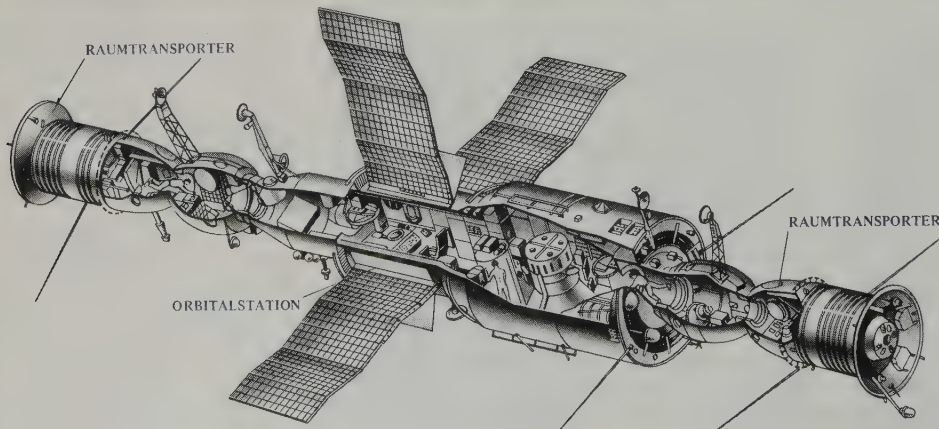


Abb. 250. Die bemannte Orbitalstation Salut 6

Tiefe meist Erdöl- und Erdgasvorkommen vorhanden sind.

Die Abbildung 32 ist eine kosmische Aufnahme der erdöl- und erdgasführenden Region Surgut im Gebiet Tjumen im Norden der UdSSR. Die ovalen erdöl- und erdgashaltigen Strukturen sind durch das Flachlandrelief getarnt, das mit Hunderten von Seen in den Senken überzogen ist. Diese Senken entstanden an den Durchbiegungen des mit ewigem Frostboden durchsetzten Grunds. Die Auswertung dieser Aufnahme kann nur von einem Spezialisten vorgenommen werden.

Selbstverständlich können die Daten kosmischer Aufnahmen keine endgültige Antwort darauf geben, ob in einer Ovalstruktur Erdöl vorhanden ist oder nicht, das ist nur mit Erkundungsbohrungen möglich. Trotzdem erlaubt eine kosmische Aufnahme, Erkundungsgebiete vorzumerken, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit als erdöhlaltig erweisen können. Das bewirkt eine erhebliche Zeit- und Kosteneinsparung bei den Erkundungsarbeiten. Also handelt es sich nicht um die unmittelbare Suche nach Erdölvorkommen, sondern um effektive Prognostizierung.

Vulkane

Einmalige Möglichkeiten bieten sich dank der Raumfahrt beim Studium tätiger Vulkane. Während der Vulkanausbrüche, bei denen gewaltige Mengen von Asche und Steinen mehrere Kilometer hoch geschleudert werden,

ist die Untersuchung von Flugzeugen und Hubschraubern aus praktisch unmöglich. Orbitalbeobachtungen werden in diesem Fall zur einzigen Methode komplexer Untersuchungen der feuerspeienden Berge.

Auf den kosmischen Aufnahmen heben sich Vulkane aus der Landschaft, beispielsweise im Raum des Vansees in der Türkei (Abb. 33) und in Iran (Abb. 34), deutlich heraus.

Oft liegen Vulkane in schwerzugänglichen Gegenden der Erde. Da sich in der Nähe keine entsprechenden vulkanologischen Dienste befinden, wird die rechtzeitige Entdeckung ihrer Aktivität erschwert. In diesem Fall lassen sich die Anzeichen eines beginnenden Vulkanausbruchs wesentlich leichter von einer Umlaufbahn als von der Erde aus erkennen. Manchmal nimmt die Vulkantätigkeit einen wahrhaft globalen Charakter an. Allein mit Hilfe künstlicher Erdsatelliten oder von Bord der Raumschiffe und Orbitalstationen ist festgestellt worden, daß sich die Gas- und Aschenwolken bei größeren Ausbrüchen in der Windrichtung über Hunderte und sogar Tausende Kilometer erstrecken. Das führt zu einer erheblichen Beeinflussung des Wetters im globalen Maßstab.

Interessant und wichtig ist die Registrierung der Ausbrüche von Unterwasservulkanen. Sie lassen sich aus dem Orbit anhand von braunen und grauen Flecken erkennen. Befindet sich die Vulkancaldera dicht unter dem Meeresspiegel, können sich durch Vulkanausbrüche neue Inseln aus dem Meer erheben. Beim Ausbruch solcher Vulkane setzen sich viele erzhaltige Stoffe auf

„Raduga“). Mit Hilfe dieser Kamera konnten zahlreiche Qualitätsaufnahmen der Erde gemacht werden, die für wissenschaftliche Zwecke sowie im Interesse der Volkswirtschaft ausgewertet wurden. Am 23. September 1976 wurde der Flug des Raumschiffes Sojus 22 abgeschlossen.

Der Vervollkommnung bemannter Orbitalkomplexe diente der Flug der Station Salut 6, der 4 Jahre und 10 Monate (vom 29. September 1977 bis zum 29. Juli 1982) dauerte. Dieser Flug ermöglichte erfolgreiche wissenschaftliche und volkswirtschaftliche Forschungen von fünf Stammbesatzungen und 11 Kurzzeitexpeditionen (darunter von acht internationalen Besatzun-

gen). Die Besatzungen weilten 676 Tage an Bord der Station. Dieser einmalige Flug wird in die Geschichte der Raumfahrt als ein anschauliches Beispiel der friedlichen Ausrichtung des sowjetischen kosmischen Programms eingehen, das Kosmonauten aus zehn Ländern die Möglichkeit bot, Seite an Seite im Weltraum zum Wohl der ganzen Menschheit zu arbeiten.

Die Salut 6 ist bereits eine Raumstation der zweiten Generation. Sie weist wesentliche Vervollkommnungen auf, darunter zwei Kopplungsstutzen für das gleichzeitige Andocken von zwei Raumschiffen. Aus der Station konnten gleichzeitig zwei Kosmonauten in den freien Weltraum aus-



Abb. 30. So sieht aus dem Weltraum der südliche Rand des afrikanischen Kontinents aus, wo viele Lagerstätten verschiedener Bodenschätze konzentriert sind.

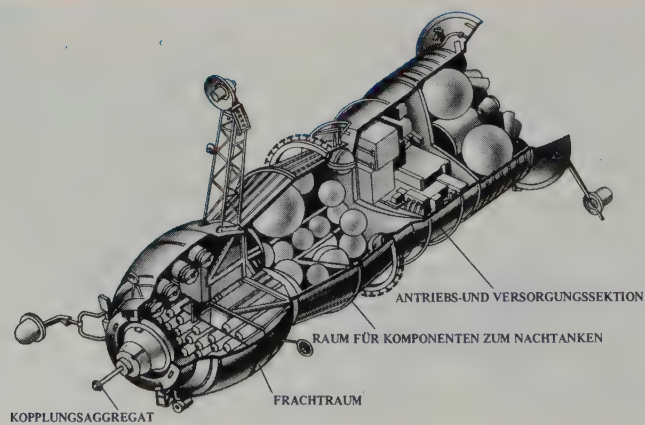


Abb. 251. Das Frachtraumschiff Progress

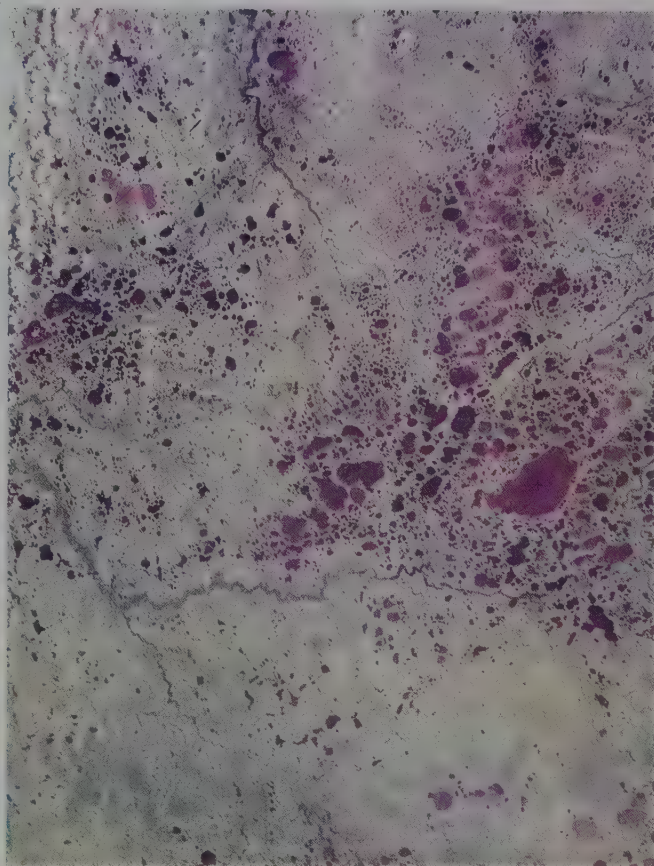
Abb. 31. Die Insel Qeshm im Persischen Golf und die anliegende Küste Irans sind reich an Erdgas und Erdöl. Aus dem Orbit sieht dieses Gebiet wie

eine Reihe kuppelartiger Relieffalten aus.

Abb. 32. Kosmische Aufnahme der erdöl- und erdgasführenden Region

Surgut im Gebiet Tjumen im Norden Sibiriens. Das ist ein Land von Tausenden Seen, die in den Niederungen infolge des Auftauens des

Dauerfrostbodens entstanden sind. In diesem chaotisch scheinenden Bild lassen sich die Vorkommen von Energieträgern erkennen.



steigen. Möglich war das Auswechseln ausgedienter Baugruppen und die Übertragung von Farbabbildungen einer Fernsehkamera zur Erde. Verbessert waren die Hygienebedingungen für den Aufenthalt der Besatzung (Duschkabine, Luftionisationsanlage).

Den Langzeiteinsatz von Salut 6 sicherten bemannte Sojus-Raumschiffe und Raumtransporter vom Typ Progress, mit denen sie den riesigen wissenschaftlichen Orbitalkomplex Salut 6–Sojus–Progress (Masse 32,5 Tonnen, Länge 29 Meter) bildete. Die Spannweite der Station erreichte bei den geöffneten Solarauslegern 17 Meter.

Während der Arbeit der Station auf der Umlaufbahn koppelten 35 bemannte bzw. automatische Raumflugkörper an diese an. Im gemeinsamen Flug der Station verlief die Erprobung des vervollkommenen bemannten Raumtransporters Sojus-T. Seine hohe Effektivität bekräftigte das Versorgungssystem der Station unter Einsatz automatischer Raumtransporter vom Typ Progress, die Treibstoff, verschiedene Materialien, Ausrüstungen und Geräte brachten.

Die Stammbesatzungen von Salut 6 leisteten einschließlich der Fotoaufnahmen mit stationären und tragbaren (Hand-) Kameras, der Spektralmessungen und visuell-instrumentellen Beobachtungen



Abb. 33. Kosmische Aufnahme der Vulkangegend rund um den Vansee in der Türkei. In diesem Gebiet jungen Vulkanismus liegen zahlreiche große konische feuerspeiende Berge. Einer von ihnen, der Vulkan Nemrut, ist als Trichter am südwestlichen Ufer des Sees deutlich erkennbar (am linken Rand der Aufnahme). Der Vulkan ist vom Ufer des Sees 15 km entfernt und liegt 1700 m über dessen Wasserspiegel. Der Vansee verdankt seine Existenz dem Vulkan Nemrut, dessen Lavaströme den Fluß Karasu eingedämmt haben.

Abb. 34. Aufnahme des Faltengebirges und der Zwischengebirgssenken zwischen der Südküste des Kaspischen Meeres und dem Urmiassee in Iran. Das ist ein Gebiet jungen Vulkanismus, wo alle Vulkane längs der Bruchzone liegen. Unter ihnen heben sich der Vulkan Demawend, der 5604 m hoch ist, sowie der Vulkan Tschubuklu, der eine Halbinsel am Urmiassee gebildet hat, heraus.

der Erdoberfläche einen gewaltigen Arbeitsumfang bei der Erderkundung. Die erste Stammbesatzung (die Kosmonauten Romanenko und Gretschko) arbeitete 96 Tage (vom 10. Dezember 1977 bis zum 16. März 1978) im Orbit und brachte 6950 Aufnahmen, die mit den stationären Fotokameras gemacht worden waren, sowie 620 Handkameraaufnahmen zur Erde mit. Die visuellen Beobachtungen dieser Kosmonauten hatten insgesamt 35 Stunden gedauert.

Die zweite Stammbesatzung (die Kosmonauten Kowaljonok und Iwantschenkow) arbeitete 140 Tage (vom 15. Juni 1978 bis 2. November 1978) und brachte 19400

Aufnahmen von stationären Fotokameras und 640 Aufnahmen von Handkameras zur Erde. Der visuellen Beobachtung der natürlichen Umwelt hatten die Kosmonauten 78 Stunden gewidmet. Die dritte Stammbesatzung (die Kosmonauten Ljachow und Rjumin) arbeitete 175 Tage (vom 25. Februar 1979 bis 19. August 1979) an Bord der Station und brachte 10270 bzw. 310 Aufnahmen mit. Diese Besatzung beschäftigte sich 60 Stunden lang mit visuellen Beobachtungen. Die vierte Stammbesatzung der Kosmonauten (Popow und Rjumin) hielt sich 185 Tage lang (vom 9. April 1980 bis 11. Oktober 1980) im Kosmos auf, machte 16000 Aufnahmen (1980 davon



Handkameraaufnahmen) und befaßte sich 90 Stunden mit visuellen Beobachtungen. Die fünfte Stammbesatzung (die Kosmonauten Kowaljonok und Sawinych) arbeitete 75 Tage lang (vom 12. März 1981 bis 26. Mai 1981) in der Station und machte 7760 bzw. 100 Aufnahmen. Ihre visuellen Beobachtungen dauerten 25 Stunden.

Im Interesse der Erderkundung gewannen also die Wissenschaftler und Spezialisten an Bord der Station Salut 6 reichlich 60 000 Fotos von hoher Qualität. Etwa 50 000 Aufnahmen wurden dabei mit der Multispektralkamera MKF 6M in sechs Bereichen des elektromagnetischen Spektrums gemacht, was ermöglichte, nach der

entsprechenden Bearbeitung synthetische Farbbilder zu gewinnen.

Eine wertvolle Ergänzung der Fotoinformationen waren die Ergebnisse der visuell-instrumentellen Beobachtungen des Festlandes, des Weltmeeres und der Atmosphäre. Die Methode der visuell-instrumentellen Beobachtung der natürlichen Umwelt wurde zum ersten Mal in der Weltpraxis zu einem selbständigen Erkundungsverfahren und bekräftigte ihre Zukunftsträchtigkeit bei der fortwährenden Verfolgung schnell verlaufender Prozesse sowie bei den Arbeiten zum Umweltschutz. Das umfangreiche Programm dieser Forschungen an Bord von Salut 6 erhielt

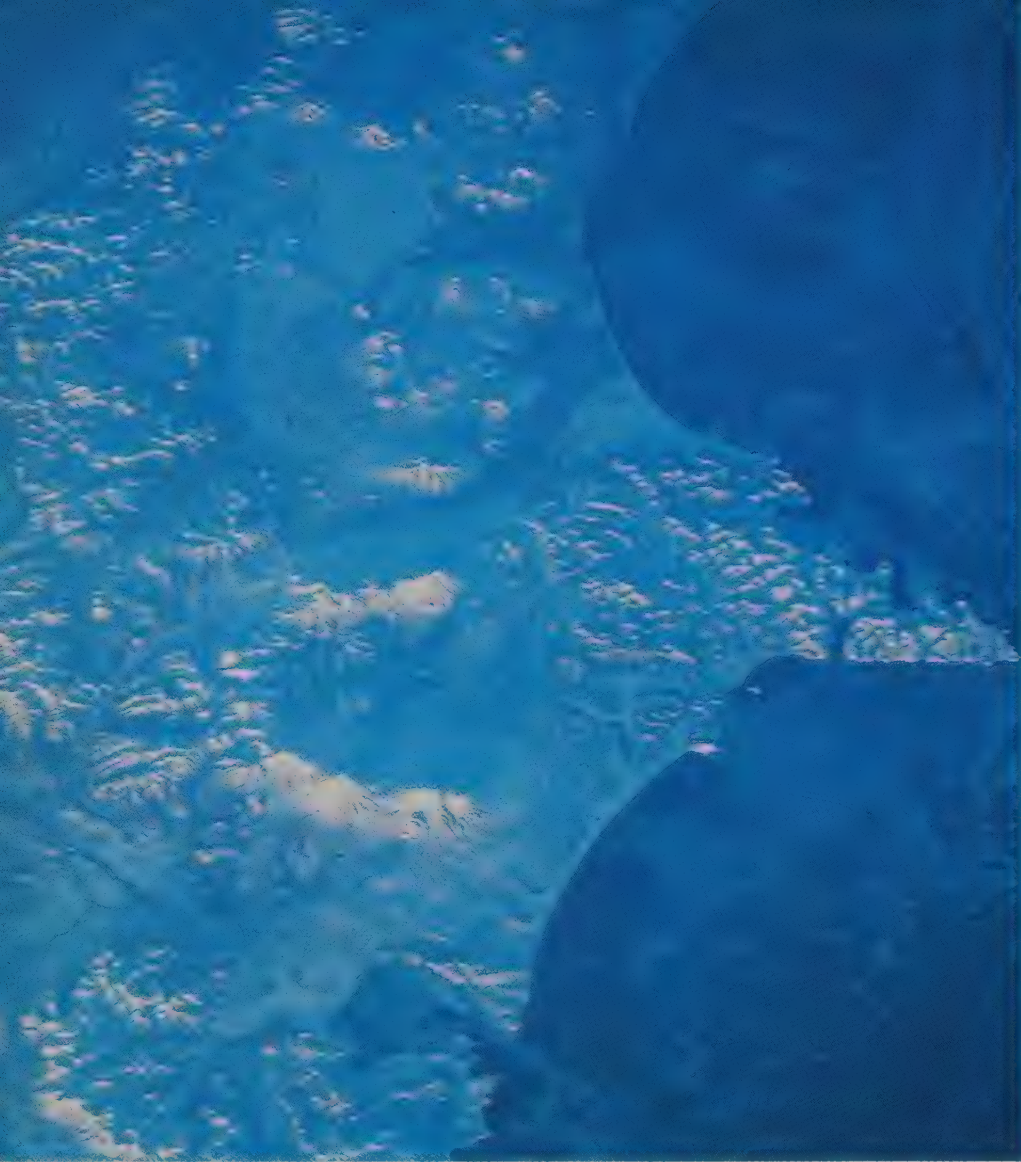


Abb. 35. Reliefbild der Kamtschatka-Vulkane, die von der im Januar nicht hoch am Himmel stehenden matten Wintersonne angestrahlt sind. Unter den Lavabergen überwiegen die Vulkane der Korjaski-Gruppe, die bogenförmig nördlich der Awatschinskaja-Bucht liegen. Weiter im Norden liegen die Vulkane Semljatschik, Uson und andere.

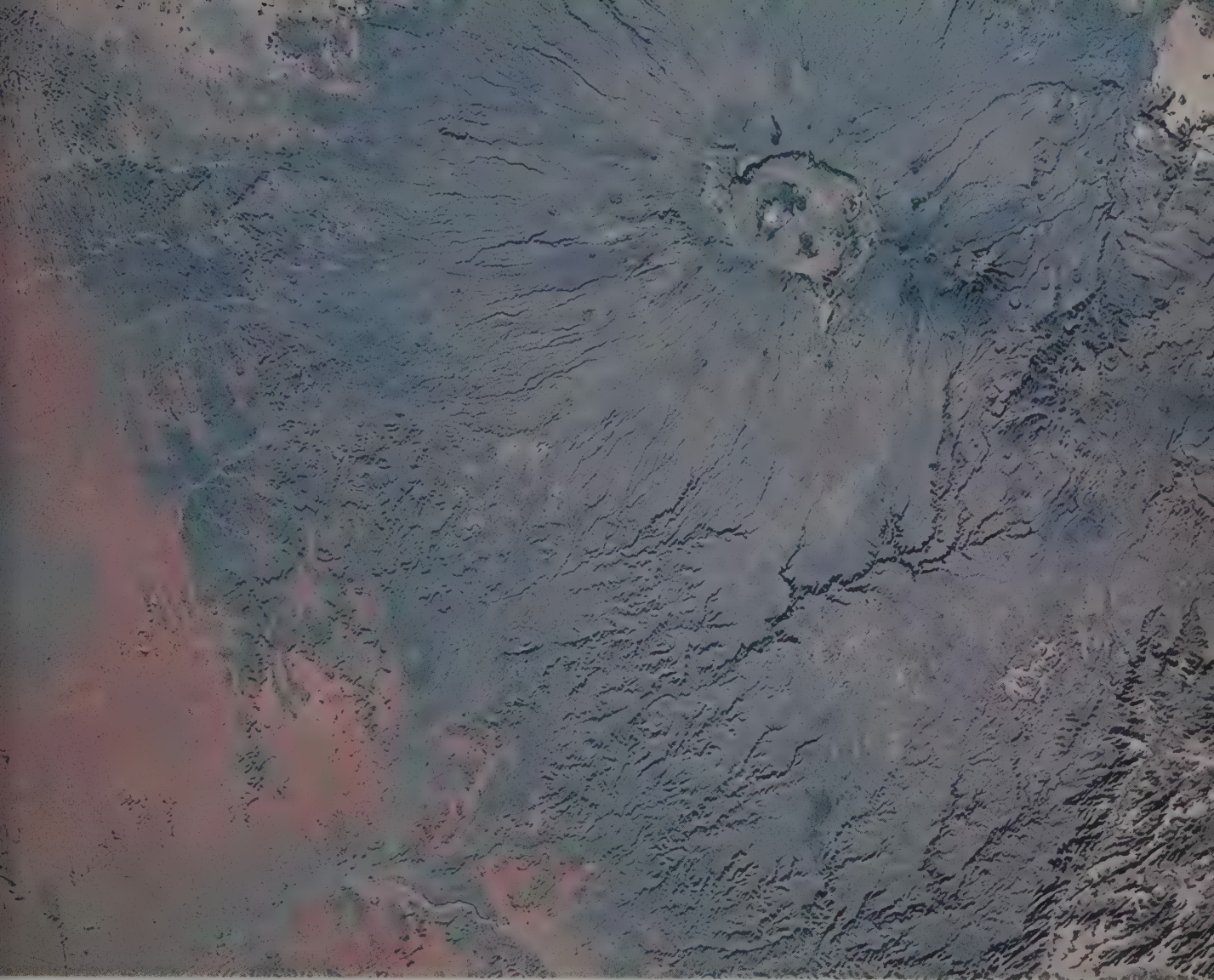
Abb. 36. Kosmische Aufnahme des Vulkans Emi Koussi im nordafrikanischen Tibestigebirge. Das Gebirge ist etwa 40 000 km² groß und von allen Seiten von der Wüste Sahara umgeben. Der Durchmesser des Vulkans Emi Koussi erreicht am Fuß 80 km.

den Namen „Biosphäre“ und wurde durch gemeinsame Anstrengungen im Interesse sowohl der Sowjetunion als auch anderer sozialistischer Länder erfüllt.

Mehr als 600 Organisationen der Sowjetunion und anderer sozialistischer Länder wurden die Ergebnisse der visuell-instrumentellen Beobachtungen der natürlichen Umwelt von Salut 6 zur Verfügung gestellt. Der in dieser Raumstation durchgeführte zielgerichtete Komplex von wissenschaftlichen und angewandten Untersuchungen der Erdrressourcen und seine Auswertung schufen die Voraussetzungen für die weitere produktionsbezogene Nutzung bemannter Orbitalstationen für die Volks-

wirtschaft der UdSSR und die internationale Zusammenarbeit.

Bei der Erfüllung der visuell-instrumentellen Beobachtungen bestand zu den Stammbesatzungen von Salut 6 zweiseitiger Nachrichtenverkehr über Funkkanäle und die Postzustellung durch Kurzzeitexpeditionen und Progress-Raumtransporter. Daher konnten noch vor der Beendigung des Programms Fotofilme, Bordaufzeichnungen der Beobachtungen sowie Spektrogramme zur Erde geschickt und die Ergebnisse einer Schnellanalyse gewonnen werden. Am 10. Januar 1978 brachte das Raumschiff Sojus 27 den Kosmonauten Romanenko und Gretscho den „Expreß-



bericht über die Erfüllung des Experiments zur kosmologischen Beobachtung natürlicher Objekte“, der die erste Etappe der Arbeit der Kosmonauten bei der visuell-instrumentellen Untersuchung der Erde vom 21. Dezember 1977 bis 4. Januar 1978 analysierte. Im Bericht hieß es unter anderem: „Eure Besatzung hatte vielfältige Aufgaben zur visuellen Einschätzung natürlicher Objekte zu lösen. Ihr wurdet diesen Aufgaben gerecht und habt den Bereich der untersuchten Naturerscheinungen als auch unsere Vorstellungen von ihnen erheblich erweitert. Die Spezialisten sind der Meinung, daß die Besatzung das Experiment fachgerecht und initiativreich erfüllt und die

Beobachtungen durch eine genaue Beurteilung der Erscheinungen, durch Angaben über deren Standort, Orientierung, Ausdehnung, Abmessungen und Form ergänzt. Viele Beobachtungen sind durch Fotoaufnahmen mit Registrierung der Aufnahmezeit, der Belichtung und des eingesetzten Objektivs ergänzt worden. Dank diesen Angaben bereitet die Auswertung der Ergebnisse Eurer Arbeit keine technischen Schwierigkeiten.

Während Eurer Arbeit auf der Umlaufbahn hat die visuelle Erdbeobachtung als Methode zur Erkundung von Naturressourcen nicht nur „Existenzberechtigung“ erworben, sondern auch zahlreiche Anhän-

dem Meeresgrund ab. So entstehen Erzlagerstätten. Die Beobachtungen aus dem Kosmos gestatten zielgerichtete Arbeiten bei der Entdeckung von Gebieten mit erloschenen Vulkanen, also von Erzlagerstätten.

Eine Vorstellung davon, wie die Vulkane aus dem Kosmos zu sehen sind, vermittelt eine von den Fliegerkosmonauten der UdSSR J. W. Romanenko und G. M. Gretschnko am 21. Januar 1978 gemachte Aufnahme (Abb. 35). Sie zeigt die Ostküste von Kamtschatka im Raum der Awatschinskaja-Bucht. Dieser Raum zeichnet sich durch eine rege Vulkantätigkeit, durch das Wirken tektonischer Kräfte, des Windes und der fließenden Gewässer aus. Der niedrige Sonnenstand im Januar ermöglichte es, das besondere Kolorit der Landschaft aufzunehmen. Im Vordergrund sind die Vulkane der Gruppen Mutnowskaja und Wiljutschinskaja. Manche von ihnen erheben sich mehr als 2000 Meter über dem Meeresspiegel. Nördlich von der Stadt Petropawlowsk-Kamtschatski und der Bucht zeichnen sich die Vulkane Korjakschaja Sopka und Awatschinskaja Sopka ab. Insgesamt enthält das Bild mehrere Dutzende tätiger und erloschener Vulkane. Die Fotoaufnahme bietet die Möglichkeit, den Zusammenhang zwischen der Lage dieser Vulkane und dem geologischen Aufbau der Region zu untersuchen. Orbitalbeobachtungen und kosmische Aufnahmen können für das Studium der Verhältnisse zwischen dem Ausbruch fester Teilchen und der Lavaströme während der Vulkantätigkeit nützlich sein. Bei einer Verschlechterung der Wet-

Abb. 37. Teil des Himalaja. Das Foto zeigt den Lashkul-Gletscher sowie die ihn umgebenden Bergrücken. Das ist ein

Gebiet in Pandschab, wo drei parallele ost-westlich verlaufende Gebirgsketten dem wasserspendenden indischen Monsun den Weg versperren.

terbedingungen sind diese Beobachtungen sogar die einzige Informationsquelle über die eventuellen Folgen der Ausbrüche.

Von Bord der Orbitalstationen aus beobachten die Kosmonauten systematisch nicht nur Vulkanausbrüche, sondern auch zur Zeit inaktive Vulkane. Größere Gruppen solcher Vulkane liegen in Nordafrika. Zu ihnen zählt der Emi Koussi (Abb. 36), dessen Caldera etwa 15 Kilometer im Durchmesser ist. Sein oberster Rand liegt 3415 Meter über dem Meeresspiegel. Auf dem Grund der Caldera gibt es, wie sich aus dem Foto schließen läßt, junge Kegel und Krater sowie einen ausgedehnten See mit hoher Salz- oder Sodakonzentration.

Bergregionen

Berge entstanden in solchen Gegenden, die dem Einfluß intensiver tektonischer Hebungen ausgesetzt waren. Bergregionen nehmen gewaltige Territorien ein und ziehen sich über Hunderte und Tausende von Kilometern hin. Diese ungastlichen und schwer zugänglichen Regionen werden aus kosmischer Höhe umfassend studiert.

Die Abbildung 37 zeigt einen Teil des

ger gefunden. Die Ärzte heben den positiven Einfluß dieser Beobachtungen auf den Verlauf des ganzen Flugprogramms hervor, weil Euer visueller Umgang mit dem Planeten in hohem Maße für emotionelle Entspannung sorgt...

Die Besatzungsmitglieder von Salut 6 berichteten über ihre Eindrücke von visuellen Beobachtungen.

„Fotos sind nicht immer imstande, die ganze Farbenpracht und die feinsten Schattierungen genau wiederzugeben“, teilte G. M. Gretschnko mit. „Die Bilder weisen eine gewisse Ähnlichkeit mit der Wirklichkeit auf, geben sie jedoch nicht hundertprozentig wieder. Mir schienen die

Farben der Erde aus dem Kosmos wie auf Gemälden von Roerich – kräftig und leuchtend. Der allgemeine Eindruck war wie von den Bildern Roerichs und Sarjans. Der Sonnenuntergang erstrahlt in seiner ganzen Farbpalette; Blau ist reinstes Blau, allerdings nicht Himmel-, sondern Meeresblau. Das Weiß der Wolken tut den Augen weh. Wir haben sogar Sonnenbrillen für uns angefordert.“

„Was ich über die Farben im Kosmos sagen kann? Der Sonnenaufgang oder -untergang umfaßt dort das gesamte Spektrum wie ein Regenbogen“, sagte J. W. Romanenko. „Seine Farben sind frisch und satt, der Übergang zu anderen Schattierungen



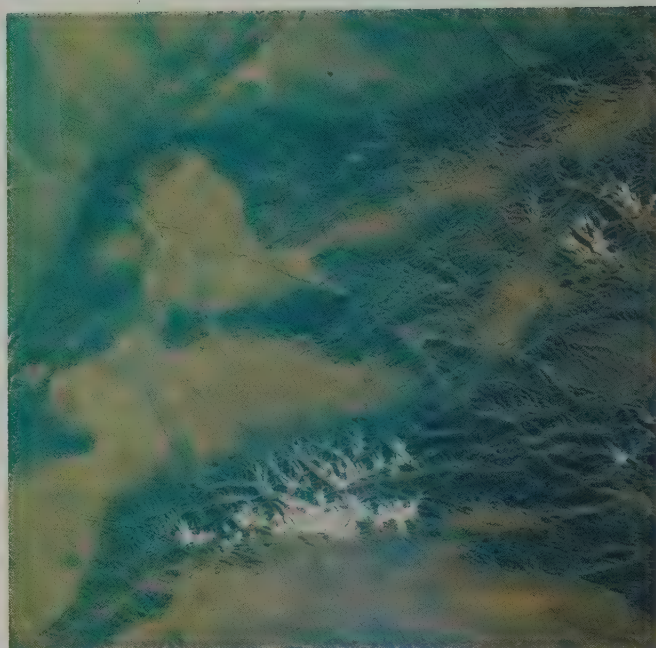
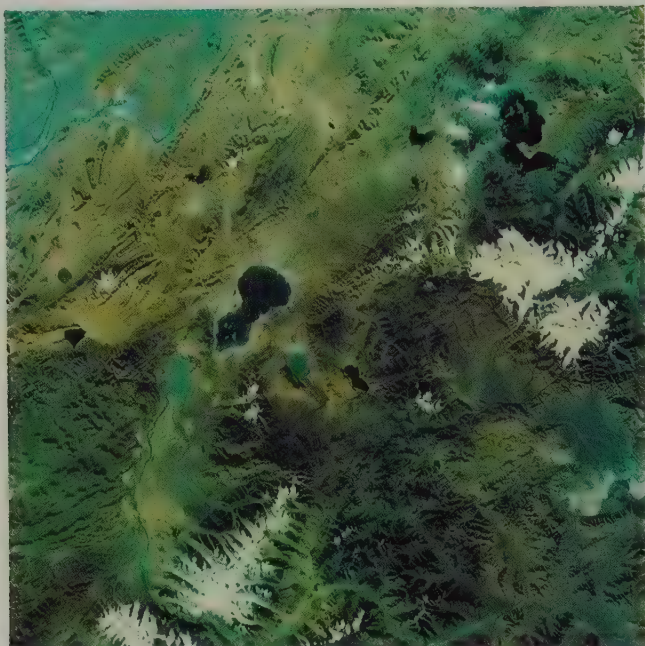
Abb. 38 (links). Teil des nordwestlichen Tibet in China. Im unwirtlichen Bild der Hochlandwüste überwiegen abflußlose

Talkessel mit Bitterwasserseen.

Abb. 39 (rechts). Ein anderes Gebiet des Tibet – die Gebirgsketten

Altyn-Tag. Auf dem Erdball gibt es nur wenige Gegenden, wo die klimatischen und Naturbedingungen so hart sind wie hier.

Abb. 40. Die fruchtbaren Täler des südwestlichen Tadshikistan sind von allen Seiten von den schneebedeckten Gebirgsketten umgeben.



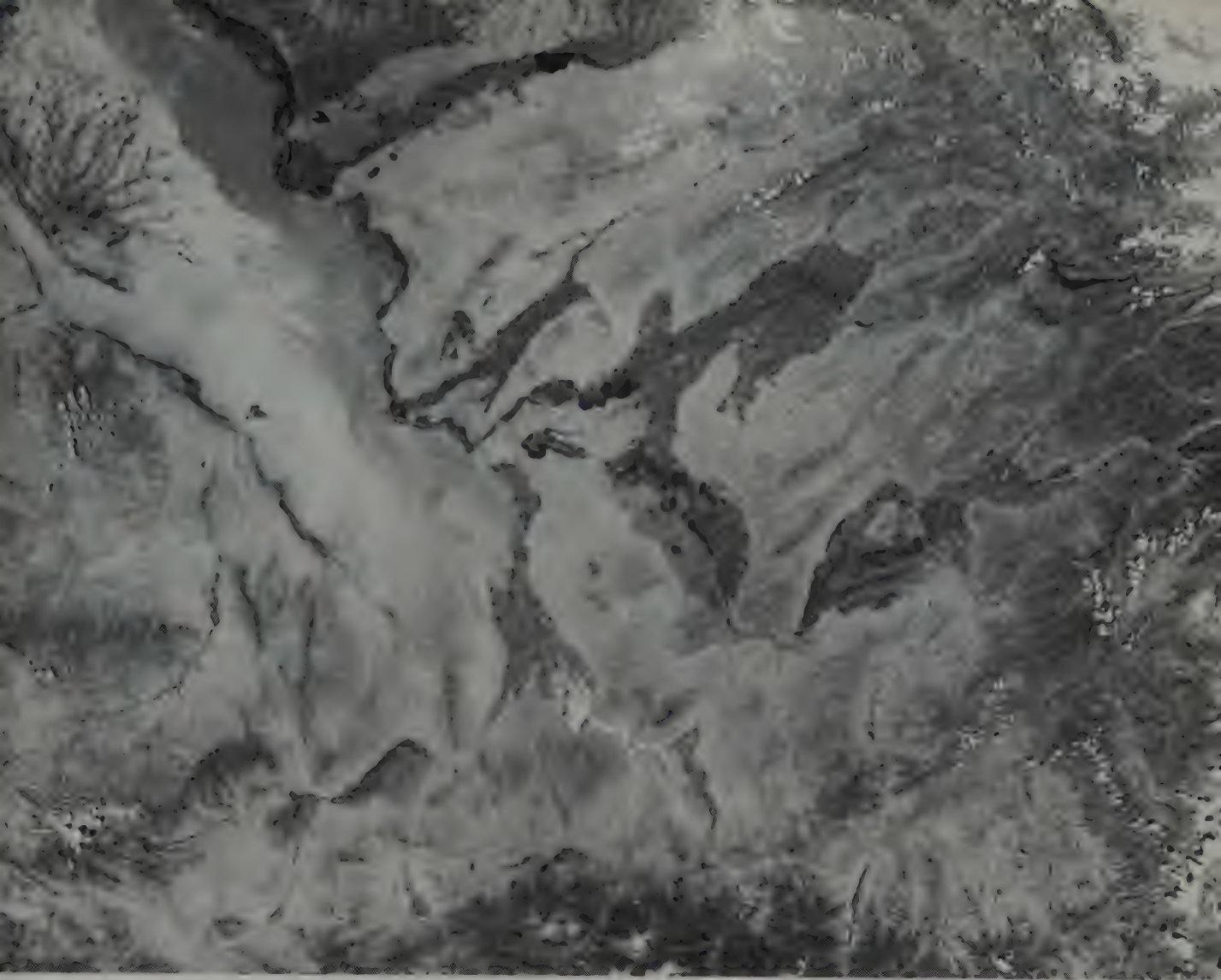
Himalaja – der höchsten Bergkette der Erde. In ihrer geheimnisvollen Schönheit beeindruckend und nur von wenigen Bergsteigern bezwungen, scheinen diese Berge aus dem Kosmos greifbar nahe zu liegen und gar nicht besonders majestätisch zu sein. Derartige Abbildungen

erlauben die höchst detaillierte Untersuchung geomorphologischer Besonderheiten einer Gebirgslandschaft und dienen als Grundlage für die Zusammenstellung verschiedener kartographischer Materialien.

Auf den Abbildungen 38 und 39 sind Teile

hingegen sehr fein. Die Verflechtung von kräftiger und feiner Kolorierung ist überwältigend. Alle Farben scheinen greller zu sein. Das irdische Grün erscheint aber aus dem Kosmos grau. Deutlich sichtbar ist die hell- und dunkelblaue Tönung des Ozeans, dessen Färbung unterschiedlich ist. Warme Strömungen nehmen sich dunkler aus, kalte Strömungen heller. Immer kann man erkennen, wenn eine warme Strömung in eine kalte eindringt und umgekehrt. Scharf zeichnen sich Riffe, selbst unter Wasser, ab. Aus dem Kosmos sieht man den wolkenlosen Himmel über dem Horizont. Denn die Wolken befinden sich in 10 bis 12, höchstens 14 Kilometern Höhe. In noch

höheren Lagen gibt es keine Wolken. Manchmal unterscheidet das Auge mehr als ein Gerät. Jeder Film (gemeint ist der Fotofilm) hat seine nur ihm eigene Spektraleigenschaft. Der atmosphärische „Schnurrbart“ konnte beispielsweise lange Zeit nicht fotografiert werden. Es gelang nicht, Belichtungszeit und Filmempfindlichkeit derart auszuwählen, daß diese Naturerscheinung auf den Aufnahmen sichtbar wurde. Wiederholt versuchte ich, den „Schnurrbart“ zu zeichnen, seine Ausrichtung und Lage zu verdeutlichen und seine Kolorierung wiederzugeben. Ich zeichnete auch das Nordlicht, um die Fotoaufnahmen zu ergänzen, obwohl wir der Qualität



der Fotos hundertprozentig sicher waren. Wir verwendeten verschiedene Filme und Aufnahmeverfahren und wechselten die Belichtungszeiten. Unsere Zeichnungen erwiesen sich nicht als überflüssig, denn sie spiegelten das wider, was wir gesehen hatten.“

Die Kosmonauten fanden einen solchen Gefallen an der visuellen Untersuchung der Erde aus dem Weltraum, daß sie sogar ihre Freizeit hauptsächlich an den Bordfenstern verbrachten. Sie beobachteten und fotografierten die Erde und teilten ihre Wettervorhersagen mit, die sich als außerordentlich zuverlässig erwiesen. Hier einige Auszüge aus dem Stenogramm der Funk-

gespräche zwischen dem Flugleitzentrum und der Besatzung der Orbitalstation Salut 6. An Bord der Station hielten sich damals Kowaljonok (Rufzeichen Photon 1) und Iwantschenkow (Photon 2) auf.

Photon 2: „Von allen Gebieten der Erde gefällt mir am meisten der Tibet, der keiner anderen Weltregion ähnelt. Vor allem möchte ich auf seine Farben hinweisen. Die Höhe der Berge ist dort regelrecht spürbar. Das von der Sonne völlig versengte Hochland hat eine ziegelrote Färbung. Das Wasser in zahlreichen Seen ist meergrün oder blau. Unzählige Berggipfel liegen unter einer kristallklaren Schnee- oder Eisdecke... Soeben haben wir das Tal des Ganges über-

Abb. 41. Diese Bruchzone der Erdkruste im Warsobbecken (Tadshikistan) wird zu verschiedener Jahreszeit gleichzeitig aus dem

Weltraum und von der Erde fotografiert, um eine Methodik für die geologische Interpretation kosmischer Bilder zu entwickeln.



Tibets zu sehen. Dieses legendenumwobene Gebirgsland mit seiner herben Schönheit sieht aus dem Kosmos wie eine scharf gezeichnete Landkarte aus.

Das wirksame Studium der Geologie und Geomorphologie der Bergregionen aus dem

Kosmos mit Hilfe von Satelliten ist nur dann möglich, wenn auf der Erde Voruntersuchungen in natürlichen Testgeländen durchgeführt werden, wo mit Hilfe von Flugzeug- und Bodenbeobachtungen methodologische Verfahren zur Auswertung von Orbitalabbildungen ausgearbeitet werden.

In der Sowjetunion dient als ein solches Testgelände das Territorium Tadshikistans mit seiner recht mannigfaltigen geologischen Struktur, das durch eine breite Palette von Mineralien reich an Bodenschätzen ist. Das Relief dieser Region enthält so viele verschiedene Formen der Gesteinsablagerung, tektonischer Linien und verschiedener Arten der Gravitationszerstörung, daß Tadshikistan mit Recht als ein kosmisches methodisches und geologisches Lehrzimmer unter freiem Himmel gilt.

Die Abbildung 40 zeigt eine Orbitalaufnahme des westlichen Teils der Tadshikischen Republik. Diese Aufnahme ist im September 1984 von Bord eines künstlichen Erdsatelliten der Serie „Kosmos“ aus gemacht worden. Im Blickfeld befinden sich zugleich Hunderte größere und kleinere Brüche, darunter ein Meridionalbruch, der nördlich von der tadshikischen Hauptstadt Duschanbe längs dem Tal des Flusses Warsob verläuft. Die Bodenaufnahme (Abb. 41) veranschaulicht die Gestalt dieser Struktur, in der die einzelnen Gesteinschichten mehrere Hunderte Meter übereinander liegen.

Gleich daneben—in den Bergen Tadshikistans—kann man mühelos tektonische Stufen

flogen. Der Ganges ist über die Ufer getreten. Dort, wo der Ganges in den Golf von Bengalen mündet, ist die gleich große Schwebstoffführung wie beim Amazonas sichtbar.“

Photon 1: „Wir nennen die Antarktis ‚unsere Verlockung‘. Beim Vorbeifliegen fesselt sie unsere Blicke, bleibt jedoch unerreichbar. (Die Neigung der Umlaufbahn von Salut 6 beträgt 51,6 Grad, was bedeutet, daß die Antarktis nicht überflogen wird.) Südamerika ist schön und schillert in allen Regenbogenfarben. Nordamerika sieht hingegen langweilig und eintönig aus, weil der Boden dort überall bestellt ist. In Afrika überwiegt Orange. Europa ist recht bunt.

Asien weist buchstäblich alle Schattierungen auf. Australien ist flach.“

Die Kosmonauten führten eine Reihe interessanter Beobachtungen beim Studium des Effekts der Vergrößerung durch die „Atmosphärenlinse“ durch. Dieser Effekt zeigt sich bei einem bestimmten Zustand der Atmosphäre und bei einem bestimmten Stand der Sonne.

Photon 1: „Manchmal beobachten wir den Effekt der Vergrößerung. Aus dem Bordfenster sieht man die Erde wie durch eine Linse, die in der Mitte vergrößert. Wie das kommt? Kaum erklärbar! Ähnliches beobachtete ich auch beim Sonnenaufgang, wenn die Sonne nur wenig über dem

Abb. 42. Die tektonische Stufe im Obi-Masar-Becken ist ein Testgelände der Geologen.

Bucht des Nurekstausees am Fluß Wachschan dient als Muster für Experimente der kosmischen Geomorphologie.

Abb. 43 (rechts). Diese



mit einem Gefälle von mehreren Kilometern finden. Eine von ihnen ist auf Abb. 42 zu sehen. Am rechten Rand des kosmischen Fotos fällt der Stausee Nurek deutlich auf, dessen Konturen durch zahlreiche Buchten geprägt sind. Eine

dieser Buchten ist auf der Bodenaufnahme (Abb. 43) zu sehen. Diese Stelle dient seit der Füllung des Stausees mit Wasser als Testobjekt für die Fernerkundung des Einflusses klimatischer Faktoren auf das Ufer.

Horizont stand und dann, wenn sie schon hoch am Himmel war. Man hat den Eindruck, als ob man durch ein Fernglas mit sechsfacher Vergrößerung sieht. In der Nähe des Kaspischen Meeres gibt es auf der Erde Unebenheiten. Obwohl das unglaublich klingt, sah ich deutlich eine Schlucht, deren Hänge wie abgesägt erschienen.“

Die Kosmonauten Kowaljonok und Iwantschenkow verbrachten viel Zeit beim Beobachten des Weltmeeres. Deutlich sahen sie Ozeanströmungen: „Wenn die Sonne niedrig steht, heben sie sich scharf ab; ihre Verwirbelungen ähneln einer Windrose... Zwischen Sachalin und Hokkaido sieht man ein Unterwasserriff... Aus dem Orbit

können wir mit bloßem Auge nicht nur die Wellen, sondern auch ihre Schaumkronen sehen.“

Manchmal berichteten die Kosmonauten Aufsehererregendes. „Vielleicht werdet ihr das für völlig unglaubwürdig halten, aber im Ozean kann man verschiedene Stufen des Wasserstands erkennen“, teilte einmal Kowaljonok mit. „Der Ozean bildet gleichsam Wasserterrassen. Manchmal entsteht im Wasser eine Art Bergkette, eine ‚Wasserscheide‘. Kann so etwas wahr sein?“

Die Kosmonauten untersuchten aus dem Orbit auch Flüsse und versorgten dabei die Hydrologen mit wertvollen Informationen.

LUFTHÜLLE DER ERDE

Unser Planet wird von einem riesigen Ozean der Atmosphäre umhüllt. Er beginnt an der Erdoberfläche, wo die Hauptmasse der Luft konzentriert ist, erstreckt sich über Hunderte und Tausende Kilometer in die Höhe und geht nach und nach in den Weltraum über. Allgemein wird angenommen, daß die obere Grenze der Atmosphäre in einer Höhe von 1000 bis 1200 km verläuft, wo ab und zu das Nordlicht strahlt. Allerdings haben automatische interplanetare Stationen die Spuren der Atmosphäre auch in Höhen von mehr als 20 000 km entdeckt. Die obere Grenze ändert sich dabei in Abhängigkeit von der Sonnenaktivität, der Jahres- und Tageszeit.

Diese Lufthülle, die unsichtbar und gewichtslos zu sein scheint, hat eine gewaltige Masse von etwa $5,27 \times 10^{18}$ kg.

Den physischen Zustand der Atmosphäre charakterisieren meteorologische Werte: Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck, Wind, Niederschläge, Sichtweite, optische und elektrische Erscheinungen. Mit dem Studium der in der Atmosphäre verlaufenden Prozesse befaßt sich die Meteorologie, die sich in einzelne wissenschaftliche Richtungen gliedert: Physik der Atmosphäre (Untersuchung thermodynamischer

Prozesse, Zusammensetzung, Aufbau und Bildung von Wolken, Nebel usw.); synoptische Meteorologie (Ausarbeitung von Methoden der Wettervorhersage); dynamische (theoretische) Meteorologie (Anwendung theoretischer Untersuchungsmethoden); Klimatologie (Wissenschaft über das Klima); Aerologie (Studium der hohen Schichten der Atmosphäre); Aeronomie (Studium der Atmosphäre in Höhen von Hunderten und Tausenden Kilometern).

Alle meteorologischen Komponenten ändern sich im Raum, besonders schroff und stark in der Vertikale. Nach dem Charakter der Temperaturverteilung wird die ganze Atmosphärenhülle üblicherweise in fünf Bereiche aufgeteilt: Troposphäre (bis 11 km), Stratosphäre (von 11 bis 50–55 km), Mesosphäre (von 50–55 bis 80–85 km), Thermosphäre (von 80–85 bis 800 km), Exosphäre (über 800 km). In der Troposphäre bewegen sich die Luftmassen nicht nur in senk- und waagerechter Richtung, sondern vermischen sich auch noch ständig. In der Troposphäre bilden sich die Wolken, weil sie den größeren Teil des Wasserdampfes enthält, und dort gehen solche mannigfaltigen meteorologischen Erscheinungen wie Regen, Schnee-

„Beeindruckend sieht der Amazonas aus“, teilte A. S. Iwantschenkow mit. „Der große rötlich-braune trübe Fluß verfärbt das Wasser des Atlantiks selbst noch Hunderte Kilometer von der Küste entfernt... Wir sahen ein recht interessantes Bild: Rio Branco und Rio Negro sind zwei große Flüsse. Der Rio Negro ist sauber und durchsichtig. Das Wasser des Rio Branco ist kaffee-farben. Wenn sie zusammenfließen, strömen sie 200 bis 300 Kilometer weit, ohne sich wesentlich zu vermischen. An einem Ufer ist das Wasser braun, am anderen sauber.“

Die Kosmonauten beobachteten regelmäßig auch Wolkensysteme: „Sogar die Bewölkung ist oft informativ. Sie weist auf



Abb. 252. Das originalgetreue Modell der Orbitalstation Salut 7 in der Halle der Komplexsimulatoren im „Sternenstädtchen“. Die Kosmonauten trainieren hier für den bevorstehenden Raumflug.

sturm, Nebel usw. vor sich. Ursache für die Luftbewegung (Atmosphärenzirkulation) ist die Sonnenstrahlung, die die Atmosphäre ungleichmäßig (in den Tropen stärker und in den Polargebieten schwächer) erwärmt. Die Atmosphäre stellt also eine Art „Wärmemaschine“ dar, deren „Heizkörper“ die Tropen und deren „Kühlschrank“ die Polargebiete sind. Wärme wird vorwiegend durch Zyklone und Antizyklone übertragen.

Einen Teil der Wärme übertragen jedoch auch Weltmeeresströmungen. Die Rolle der Ozeane in den Wärmeverhältnissen der Erde ist überaus groß. Im Unterschied zum Festland verfügt das Weltmeer über eine immense Wärmekapazität. Deswegen geht seine Erwärmung (im Sommer) oder Abkühlung (im Winter) langsamer vor sich. Das führt dazu, daß zwischen Weltmeer und Festland immer ein Temperaturunterschied besteht, der die Bewegung der Luftmassen hervorruft. Daraus ergibt sich die zwingende Notwendigkeit, die Wechselwirkung zwischen Weltmeer und Atmosphäre zu studieren, die ununterbrochen Energie, Stoffe (Wasser) und Wärme austauschen. Klima und Wetter stehen unter dem starken Einfluß des Wärmebeharrungsvermögens des Weltmeeres, der Wasserbewegung und der geographischen Verteilung von Festland und Meer.

Die Lufthülle der Erde wie auch das Weltmeer befinden sich also im Zustand ständiger Bewegung. Das größere dynamische und Wärmebeharrungsvermögen des Ozeans im

Vergleich zur Atmosphäre machen ihn zu einem viel stärkeren Energiekollektor. Die kinetische und Wärmeenergie wird letzten Endes auf das Luftbecken übertragen und stellt eine Ursache wetterbildender Prozesse dar. Dieser Einfluß ist jedoch gegenseitig. Es gilt also als sicher, daß die atmosphärische Hülle der Erde und das Weltmeer sich in vielfältigem dynamischem Gleichgewicht befinden, weil zwischen ihnen komplizierte, elastische direkte und indirekte Verbindungen bestehen.

Die komplexe Systemanalyse eines derart großen, man könnte sagen phänomenalen, natürlichen Systems (Metasystems) unseres Planeten, des Systems Weltmeer-Atmosphäre, muß vom Allgemeinen zum Einzelnen vor sich gehen. Die durch die Dekomposition des Metasystems registrierten einzelnen Naturerscheinungen und -objekte werden detailliert und allseitig mit Hilfe verschiedener (sowohl Fern- als auch Kontakt-)Methoden studiert, um für die Lösung einer entgegengesetzten Aufgabe – einer Struktursynthese des ganzen Metasystems – verwendet zu werden. Dieser Doppelprozeß der Systemanalyse und -synthese ermöglicht es, eine wissenschaftliche Theorie des Systems Weltmeer-Atmosphäre auszuarbeiten. Unbedingt berücksichtigt werden müssen dabei solche – gegenüber dem System äußere – Faktoren wie kosmophysikalische Einwirkung, anthropogener Einfluß und Wechselwirkung von Lithosphäre und Binnengewässern.

Eine solche Vorstellung von der Untersuchung des erwähnten Metasystems läßt keinen

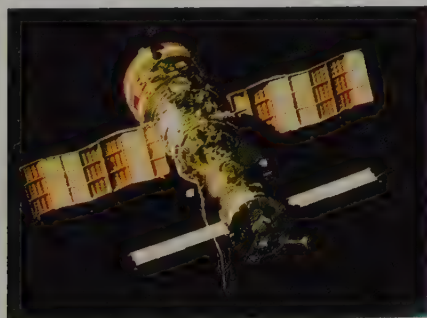


Abb. 253. Die Orbitalstation Salut 7 mit dem angekoppelten Raumschiff Sojus T auf der Erdumlaufbahn. Diese Aufnahme wurde von Bord eines anderen Sojus-Raumschiffes gemacht. Die Station Salut 7 ist mit zwei Kopplungssektionen ausgerüstet und kann deshalb gleichzeitig zwei Raumschiffsbesatzungen empfangen, was den Nutzeffekt dieses Orbitallaboratoriums wesentlich erhöht.

Abb. 254 (rechts). Im originalgetreuen Modell der Orbitalstation Salut 7. Das Hauptsteuerpult

Zweifel an der Rolle und Bedeutung kosmischer Methoden, an dem Einsatz künstlicher Erdsatelliten, bemannter Raumschiffe und Orbitalstationen – insbesondere im Stadium der Analyse. Globaler Charakter, Periodizität und Regelmäßigkeit der Übersicht, großangelegte und vielseitige Integration, wie sie den Fernerkundungen aus dem Kosmos eigen sind, machen die Raumfahrttechnik zu einem unersetzlichen Mittel für die umfassende Untersuchung von Atmosphäre und Weltmeer.

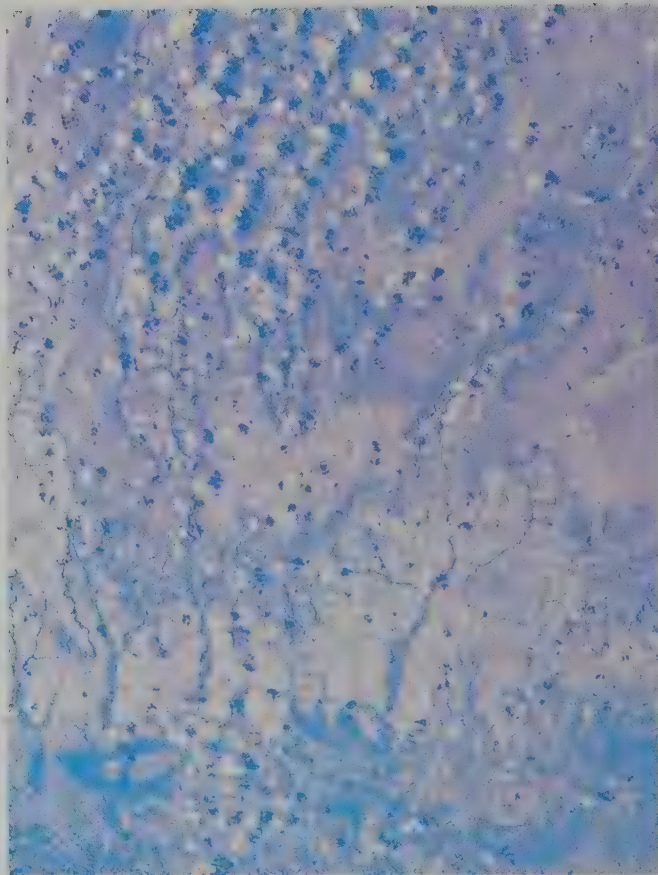
Eine wichtige Besonderheit komplexer meteorologischer Forschungen aus dem Kosmos ist die unmittelbare Teilnahme der Kosmonauten an der Durchführung visuell-instrumenteller Beobachtungen. Hervorgerufen ist das mindestens durch zwei Hauptgründe: die Notwendigkeit, praktische, nichtformalisierte dynamische Prozesse und Erscheinungen zu studieren, und den Bedarf an operativen Schnellanalysen, die an Bord vorgenommen werden, damit besonders wichtige Angaben unverzüglich zur Erde übertragen werden können.

Umfangreiche Informationen sind aus dem Kosmos über Atmosphäre und Wolken gesammelt worden. Dabei fand man Besonderheiten der Entstehung und Entwicklung der Bewölkung und großer Wolkensysteme heraus. Bekanntlich unterscheiden sich die Wolken voneinander nicht nur nach ihrem Aussehen, sondern auch nach ihrem Aufbau. Man unterscheidet drei Haupttypen von Wolken: Haufen-, Wellen- und Schichtwolken. Da ihre Unterteilung nach den Bedingungen, unter denen sie

größere Ozeanströmungen hin. Manchmal wiederholt die geschlossene Wolkendecke die Umrisse des Bodenreliefs.“

Aufmerksam beobachteten die Kosmonauten Waldbrände, Staubstürme, Taifune und Hochdruckgebiete. Die Kosmonauten Popow und Rjumin teilten beispielsweise mit: „Die Arabische Halbinsel ist völlig von einem Staubsturm erfaßt. Der Dunst ist undurchsichtig. Der Sturm bewegt sich nach Nordosten.“ Zwei Tage später: „Der Staub von der Arabischen Halbinsel hängt über dem Roten Meer und dem Persischen Golf.“

Eine Analyse der Orbitalbeobachtung schnellverlaufender Prozesse läßt den



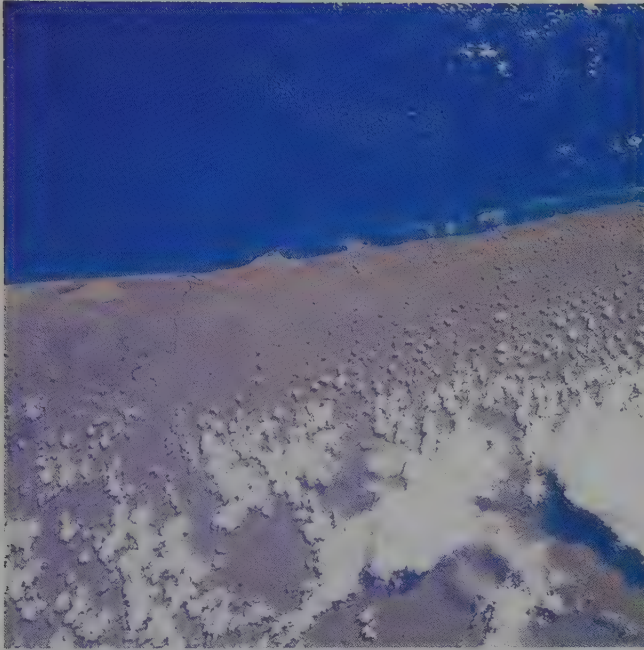
entstehen, vorgenommen wird, hat das Studium der Wolkenform eine große Bedeutung für das Wissen um den Zustand der Atmosphäre und für Wetterprognosen, denn die Bewölkung ist eine Art Kennwert der Wetter- und Klimaprozesse



Abb. 255. Die Teilnehmer des gemeinsamen Fluges von Kosmonauten der UdSSR und Frankreichs: A. S. Iwantschenkow, J.-L. Chretien und W. A. Dshanibekow. Die Zusammenarbeit der Wissenschaftler und Raumfahrer der beiden Länder erfolgt auf der Grundlage eines Regierungsabkommens, das in Moskau von den Außenministern der UdSSR und Frankreichs am 30. Juni 1966 unterzeichnet wurde.

Abb. 44 (links).
Haufenwolken
über Madagaskar an
einem heißen Julimittag

Abb. 45. Haufenwolken



über der Küste
Somalias

Abb. 46. Tiefe
Schichtwolken über den
Aläuten im Pazifik

nahmen der Bewölkung umfangreiche und wertvolle meteorologische Informationen.

Nach Orbitalaufnahmen kann man mit Sicherheit verschiedene Arten der Bewölkung erkennen. Die Abbildungen 44 und 45 zeigen



sowohl in einzelnen Regionen als auch auf der ganzen Erde. Die Wolken spiegeln die Windverhältnisse in verschiedenen Höhen wider. Sie beeinflussen die Wärme- und Lichtverhältnisse. Deshalb liefern kosmische Auf-

Haufenwolken, die gewöhnlich beim Konvektionsaufstieg der Luftmassen entstehen.

Die Abbildung 46 zeigt Schichtwolken, die einem sich über ausgedehnte Teile der Erdoberfläche ausbreitenden Schleier ähneln. In

Schluß zu, daß diese Forschungsrichtung bereits in naher Zukunft zur Grundlage eines ständigen kosmischen Dienstes mit bemannten Orbitalstationen werden kann, deren Besatzungen vor Naturkatastrophen warnen.

Am 19. April 1982 wurde in der Sowjetunion eine neue Orbitalstation Salut 7 gestartet. In den Jahren 1982 bis 1984 arbeiteten in ihr drei Stammbesatzungen und vier Kurzzeitexpeditionen.

Am 13. Mai 1982 gelangten die Fliegerkosmonauten A. N. Beresowoi und V. V. Lebedew mit dem Raumschiff Sojus T 5 auf eine Umlaufbahn, koppelten an die Station Salut 7 an und stiegen in diese um.

Die Salut 7 wurde für 211 Tage zu ihrem kosmischen Zuhause. Bedeutenden Raum in der Arbeit dieser Expedition nahm das Studium der Naturressourcen der Erde und die Lösung eines breiten Kreises von Aufgaben ein, die mit der Erderkundung im Zusammenhang standen und für verschiedene Volkswirtschaftszweige von Interesse waren. Zu diesem Zweck führten die Kosmonauten regelmäßig visuelle Beobachtungen durch und fotografierten die Erdoberfläche und das Weltmeer. Dabei machten sie etwa 20000 Aufnahmen. Mit visuellen Beobachtungen verbrachte die Besatzung 40 Stunden. Besonders sorgfältig untersuchte sie das Territorium Kasachstans.

der Regel liegen diese Wolken sehr tief, deshalb können einzelne Berggipfel aus ihnen herausragen. Auf dem Foto sind unter anderem die gebirgigen Aläuten zu sehen, die sich über den Wolken erheben.

Die Abbildung 47 stellt die kosmische Aufnahme einer ausgedehnten Region dar, über der die Schichthaufenwolken hängen. Die Abbildung 48 vermittelt eine Vorstellung von lockerer Bewölkung in der mittleren Schicht der Troposphäre über den Galapagosinseln.

Regenhaufenwolken sind auf der Abbildung 49 zu sehen. Sie erstrecken sich steil nach oben und nehmen das untere, mittlere und obere Stockwerk ein. Wolken dieser Art sehen auf kosmischen Aufnahmen wie kompakte schnee-weiße Flecken aus.

Die Kosmonauten L. I. Popow und V. V. Rjumin beobachteten und fotografierten ein Gewitter über dem Territorium der Region Chabarowsk (Abb. 50). Auf dem Foto ist zu sehen, wie sich vor dem Hintergrund der Bewölkung Gewitterballungen herausheben. Gut sichtbar sind Brände. An den Rauchschleifen kann man die Bewegungsrichtung der Feuerwalze verfolgen. Die Kosmonauten beobachteten die Entwicklung dieser Naturkatastrophe im Laufe von zwei Wochen, informierten über die Ergebnisse ihrer Prognosen rechtzeitig die Bodenempfangsstationen und registrierten alle Fälle von Wolkenbildung in diesem Raum, die man für das natürliche Löschen der Brände nutzen konnte.

Wellenwolken über dem Südatlantik sind aus

der Abbildung 51 ersichtlich. Üblicherweise entstehen sie an der unteren Grenze der Inversionsschicht, die den Kaltluftbereich von den darüber liegenden Warmluftmassen trennt. Die Wolkenreihen auf dem Foto ähneln den



Am 24. Juni 1982 startete die zehnte internationale Besatzung. Mit dem Raumschiff Sojus T 6 stiegen die Kosmonauten Dshanibekow und Iwantschenkow sowie der Bürger Frankreichs Jean-Loup Chretien vom Kosmodrom Baikonur in den Kosmos auf. An Bord der Station bereiteten ihnen die Kosmonauten Beresowoi und Lebedew einen herzlichen Empfang. Gemeinsam stellten sie viele interessante Experimente an. Die Kurzzeitexpedition hielt sich fast acht Tage lang im Weltraum auf und kehrte am 2. Juli 1982 zur Erde zurück, während die Stammbesatzung ihren kosmischen Marathonflug fortsetzte.

Bekanntlich war Walentina Teresch-

kowa die erste Frau, die einen Raumflug unternahm. Später arbeiteten jahrelang ausschließlich Männer im Kosmos. Am 19. August 1982 startete die zweite sowjetische Kosmonautin, Swetlana Sawizkaja, Seite an Seite mit den Kosmonauten Popow und Serebrow im Raumschiff Sojus T 7. Diese Kurzzeitexpedition stieg in die Station Salut 7 um, arbeitete dort sieben Tage lang und kehrte zur Erde zurück.

Inzwischen setzten die Kosmonauten Beresowoi und Lebedew ihren Kosmosflug fort. Sie beobachteten und fotografierten die Erde. Auf dem Territorium der UdSSR lösten während dieses Fluges den Sommer zuerst der Herbst und dann auch der Winter

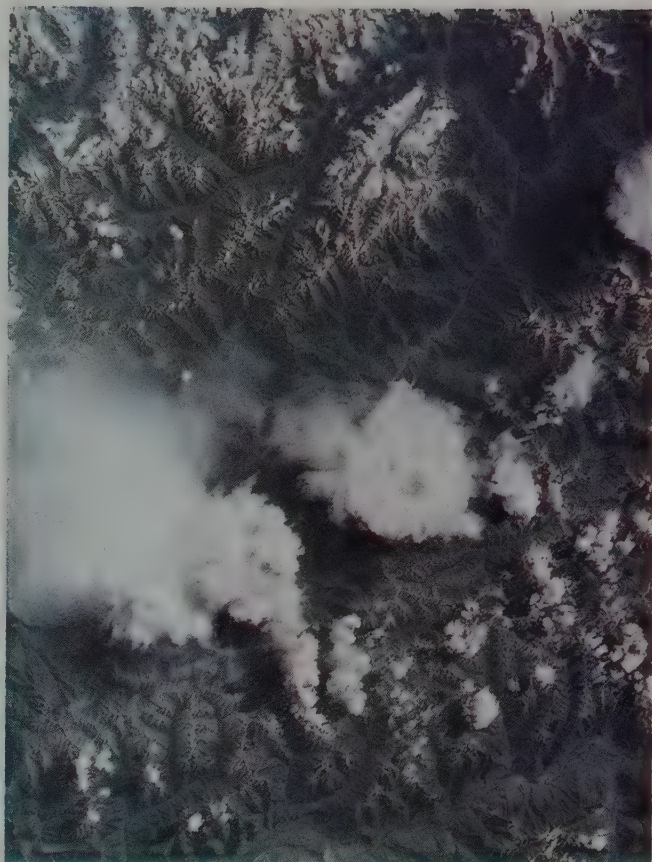
Abb. 47 (links).
Wolkenfront über
dem Pazifik

Abb. 48. Dünne
Wolken über den

Galapagosinseln

Abb. 49. Diese mächtigen
Wolkengebilde über dem
Hindukusch steigen 10 bis
12 km hoch. Gleißend hell

bei der Beobachtung von
oben erscheinen sie dem
Erdbeobachter wie
unheilverkündende graue
riesige Wolkensäulen.



ab. Das gestattete, saisonbedingte Informationen zu sammeln, die vor allem für Landwirtschaftsspezialisten sowie für Meteorologen von Interesse waren. Die Kosmonauten registrierten im Weltmeer Gebiete mit erhöhter biologischer Produktivität und informierten darüber die Fischereizentren. Von Bord der Station hatte man eine Fläche von vielen Millionen Quadratkilometern auf den Film gebannt. Diese Informationen dienten auch den Kartographen für die Zusammenstellung von thematischen und topographischen Karten, von Fotokarten und Plänen.

Am 10. Dezember 1982 kehrten Bersowoi und Lebedew zur Erde zurück. Die

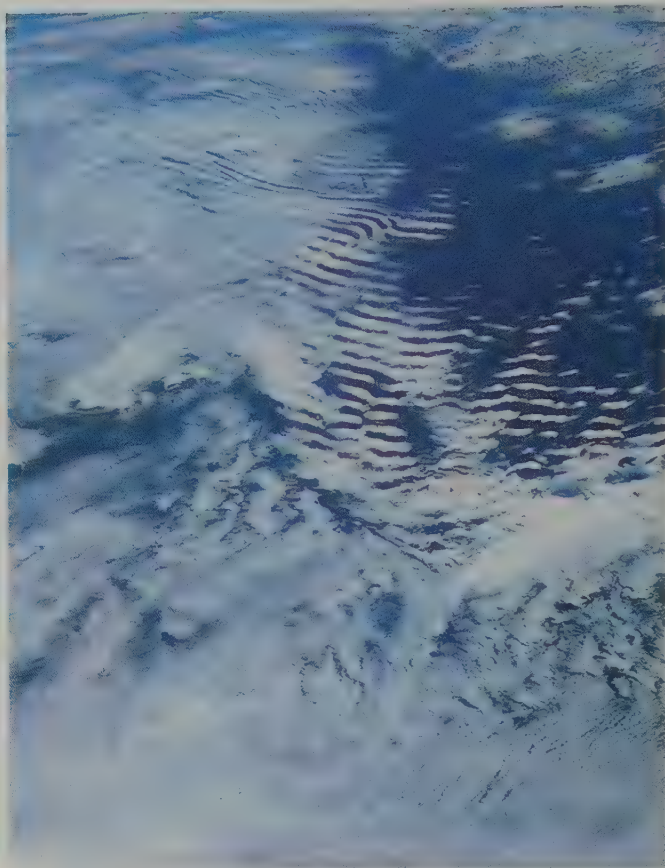
Orbitalstation Salut 7 setzte ihren Flug im automatischen Betrieb fort. Am 2. März 1983 startete der große automatische Raumtransporter Kosmos 1443, koppelte mit Salut 7 und bildete mit ihr bis zum 19. September 1983 einen Raumfahrtkomplex. Die zweite Stammbesatzung (die Kosmonauten Ljachow und Alexandrow) begab sich am 27. Juni 1983 mit dem Raumschiff Sojus T 9 zur Orbitalstation. Sie arbeitete 149 Tage lang im Orbit, befand sich zwei Male im freien Kosmos, fotografierte die Erde und untersuchte sie spektrometrisch und kolorimetrisch. Am 23. November 1983 beendete die Besatzung ihren Einsatz.

Abb. 50. Aus dem Orbit erscheinen die Gewitterwolken über der Taiga in der Region Chabarowsk wie ein grauer Schleier mit

Haufenwolkenballungen. Durch diesen Schleier sieht der Kosmonaut hier und da Waldbrände.

Abb. 51. Reihen von

Wellenwolken über dem Südatlantik. Manchmal verdecken sie über Tausende von Kilometern die Oberfläche des Ozeans.



Der Start der aus den Kosmonauten Kisim, Solowjow und Atkow bestehenden dritten Stammbesatzung (Sojus T 10) fand am 8. Februar 1984 statt. Das Programm dieser längsten Expedition in der Geschichte der Raumfahrt war außerordentlich reich an komplizierten Experimenten. Während ihrer 237 Tage langen Arbeit auf der Umlaufbahn befanden sich die Kosmonauten zum erstenmal in der Praxis der bemannten Raumflüge sechs Male im freien Weltraum, verbrachten dort insgesamt fast 23 Stunden, führten dabei komplizierte Montagearbeiten aus und empfangen zwei Kurzzeitexpeditionen.

Am 3. April 1984 startete mit dem

Raumschiff Sojus T 11 eine internationale Besatzung. Sie bestand aus den sowjetischen Kosmonauten Juri Malyschew und Gennadi Strekalow und dem Bürger Indiens Rakesh Sharma. Die Besatzung befand sich sieben Tage lang im Kosmos. Das Hauptexperiment der internationalen Besatzung war das gemeinsame sowjetisch-indische Programm „Terra“ zur Untersuchung der Naturressourcen und der Umwelt Indiens und des Indischen Ozeans. Malyschew, Strekalow und Sharma kehrten am 11. April 1984 zur Erde zurück.

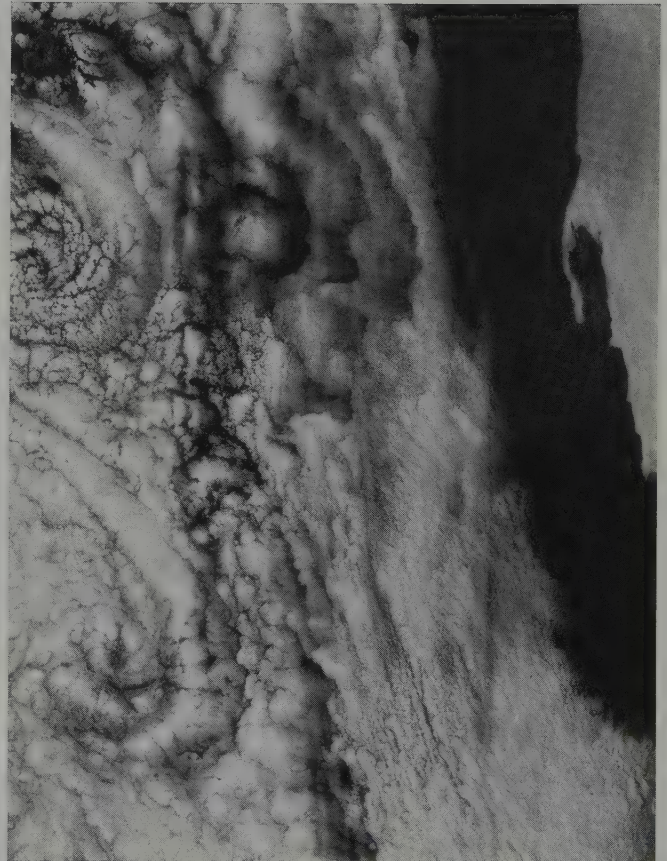
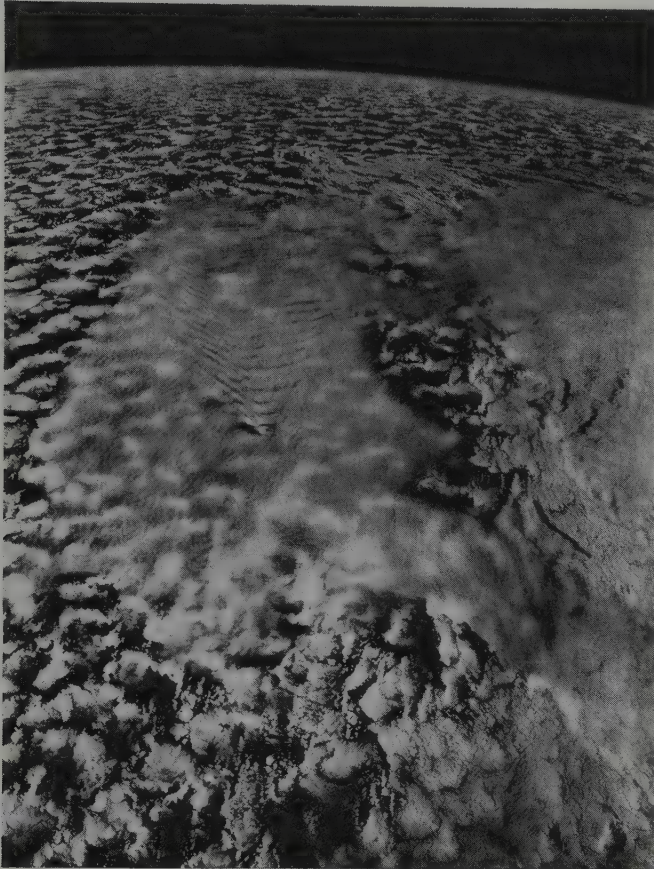
Die neue Kurzzeitexpedition, der die Fliegerkosmonauten der UdSSR Wladimir Dshanibekow und Igor Wolk sowie ihre

Abb. 52. Über den Südatlantik ziehen oft tiefe Wolken. Wenn diese Wolken Inseln begegnen, umfließen sie diese und hinterlassen eine Spur, die

einem Schnurrbart ähnelt. Auf dem Bild: Wolken über der Bouvetinsel

Abb. 53. In der Äquatorzone an der Küste

Afrikas hat die Wolkendecke oft eine charakteristische Zellstruktur.



Kollegin Swetlana Sawizkaja angehörten, startete mit dem Raumschiff Sojus T 12 am 17. Juli 1984. Diesmal arbeiteten sechs Personen an Bord der Raumstation, und Swetlana Sawizkaja stieg als erste Frau der Welt in den freien Kosmos aus. Die Kurzzeitexpedition kehrte am 29. Juli 1984 zur Erde zurück.

Die Stammbesatzung arbeitete bis zum 2. Oktober 1984 auf der Umlaufbahn weiter, stellte etwa 600 Experimente an, führte 170 visuelle Beobachtungen der Erde durch und machte rund 25 000 Fotoaufnahmen.

Die Orbitalstationen vom Typ Salut wurden von der Langzeitorbitalstation Mir der dritten Generation abgelöst, die am 20.

Februar 1986 startete. Das ist eine Station vom Modultyp, deren Hauptteil aus einem Wohnblock besteht. In diesem Block sind Einzelkajüten für jeden Kosmonauten sowie eine Duschzelle eingerichtet. Der Basisblock besitzt sechs Kopplungsaggregate, an die sowohl bemannte und unbemannte Raumtransporter als auch Spezialmodule gekoppelt werden können, deren Masse je 21 Tonnen erreichen kann. Die Gesamtmasse der Raumstation Mir kann demnach 200 Tonnen betragen. Beim Einsatz der Langzeitstation können einzelne Module durch andere ersetzt werden, die entweder besser konstruiert oder für die Lösung neuer Aufgaben bestimmt sind.

schäumenden Wellen, wo die Luft sich adiabatisch mit Wasserdampfkonzentration abkühlt. Zwischen den Wolkenreihen befinden sich Lücken blauen Himmels. In diesen Lücken ist die Luft nicht mit Wasserdampf imprägniert. Einen ähnlichen Wellenprozeß spiegelt die kosmische Aufnahme 52 wider. Sie zeigt, wie die Wolken die Bouvetinsel im Südatlantik umgeben. Wegen nichtstationärer Prozesse in den Luftmassen bilden sich Wellenwolken heraus. Dabei ist der Umstand von Interesse, wie die Kosmonauten bei wolkenlosem Himmel beobachten konnten, daß die Bouvetinsel Meeresströmungen umfließen, deren Muster mit dem der Wellenwolken fast identisch ist.

Das Schwarzweißfoto (Abb. 53) liefert das recht anschauliche Bild eines ausgedehnten Systems aus zellenartigen Wolken (Gesamtfläche etwa 450 km × 450 km). Wolken dieser Art entstehen in den Luftmassen mit starkem vertikalem Temperaturgefälle (mehr als 0,82 °C pro 100 m). Inmitten jeder Zelle geht die aufsteigende Luftbewegung durch Wasserdampfkondensation und Wolkenbildung vor sich, während an der Peripherie die Luft niedersteigt, die Wolken lösen sich auf, und es kommt zur Aufheiterung.

Im April 1984 fotografierte der indische Kosmonaut R. Sharma für den indischen Subkontinent typische sogenannte Schönwetterwolken. Solche Wolken (Abb. 54) entstehen gewöhnlich vormittags in der Trockenzeit, erreichen ihre maximale Entwicklung mittags und lösen sich gegen Abend auf.

Abb. 54.
„Schönwetterwolken“
in der Trockenzeit
an der Küste des
indischen
Subkontinents

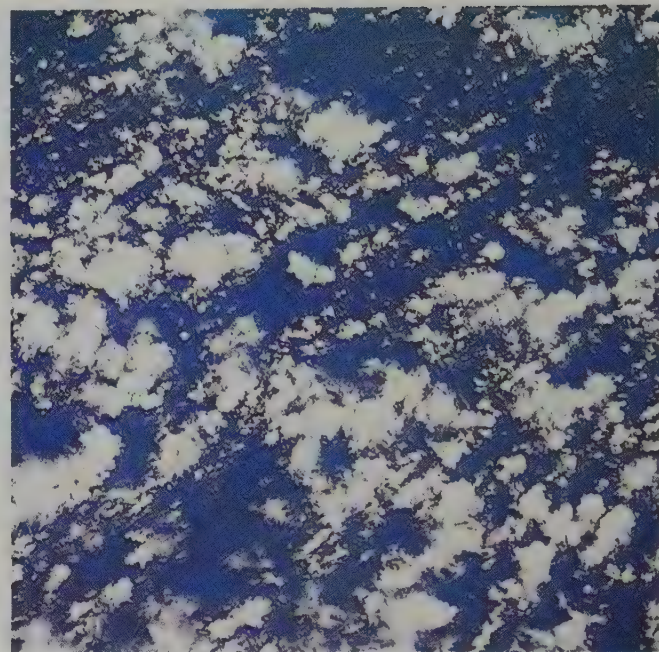


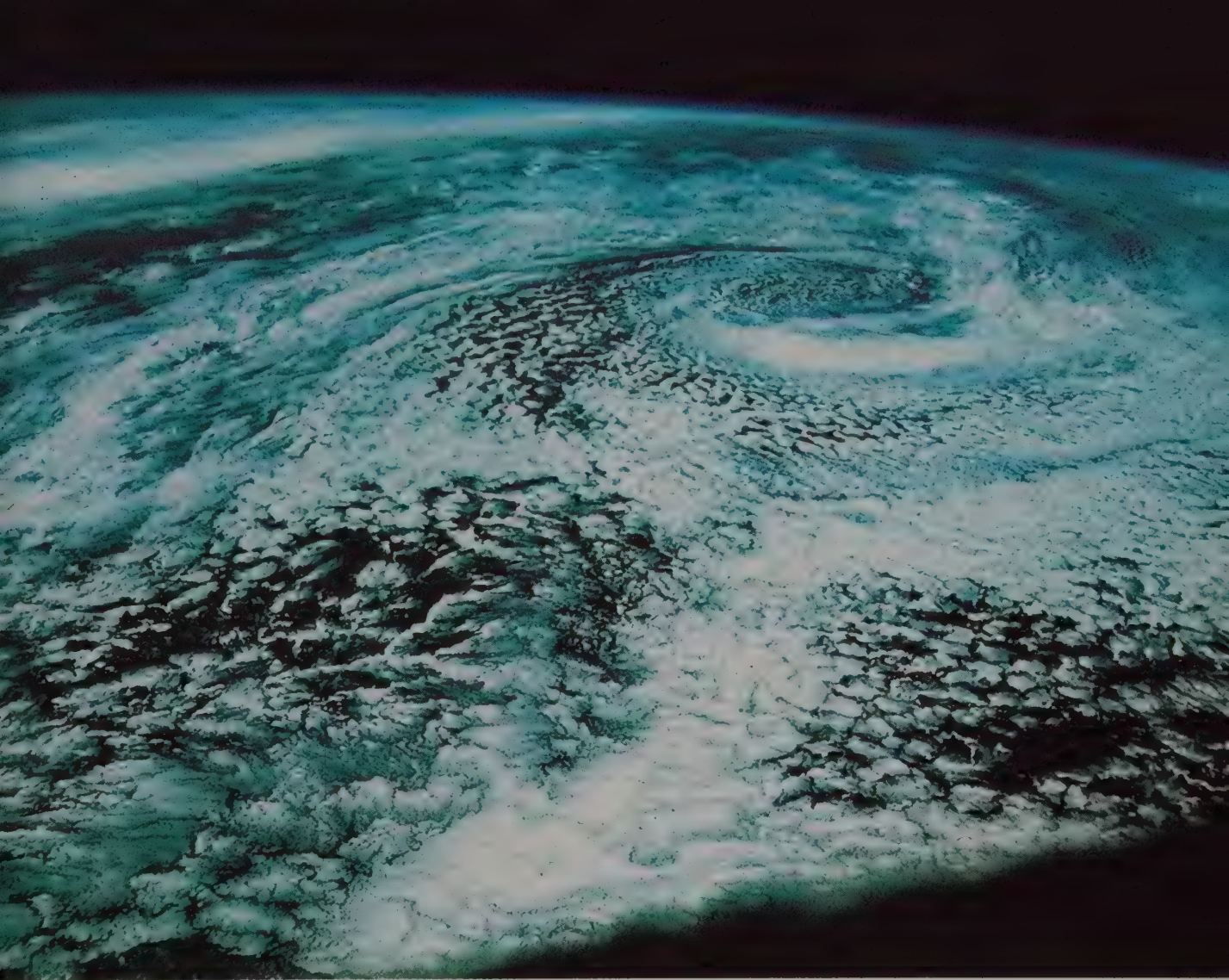
Abb. 55. Wirbelsturm über
dem Südatlantik

Erwähnenswert ist, daß die regelmäßige und allseitige Untersuchung der Wolkendecke der Erde für die Gewinnung klimatologischer Informationen für den Alltagsbedarf große Bedeutung hat. Gerade diesem Zweck dient das Weltforschungsprogramm „Internationales Pro-

Zu zahlreichen Neuentwicklungen, die in der Raumstation Mir Anwendung finden, gehört das vervollkommnete Orientierungs- und Stabilisierungssystem.

Am 15. März 1986 traf die erste Besatzung in der Raumstation Mir, die aus den Fliegerkosmonauten der UdSSR L. Kisim und W. Solowjow bestand, ein. Sie arbeiteten dort ca. zwei Monate lang, verließen die Raumstation am 9. Mai und erreichten mit dem Raumtransporter Sojus 15 die Raumstation Salut 7, um dort viele interessante Experimente durchzuführen. Nach Abschluß der Experimente kehrten die Kosmonauten am 26. Juni zur Station Mir zurück.

Das sowjetische kosmische Programm richtet sich also auf die Erderkundung im Interesse der Wissenschaft und Volkswirtschaft, auf die friedliche Nutzung des Weltraums zum Wohle der ganzen Menschheit. Die Raumfahrt legte in der UdSSR einen weiten Weg vom ersten künstlichen Erdtrabanten bis zu bemannten Orbitalstationen zurück, vertiefte und erweiterte dabei unser Wissen vom All und von unserem bewundernswerten Planeten. Die Sowjetunion ist gegen eine Militarisierung des Weltraums, diesen Wahnsinn kriegsbesessener Kreise im Westen. Der „Krieg der Sterne“ wäre eine Entstellung des Geistes der Raumfahrt, er würde den



Untergang der Zivilisation und den Tod der gesamten Biosphäre bedeuten. Besonders aktuell sind deshalb heute die Worte von Juri Gagarin: „Ich umflog die Erde in einem Raumschiff und sah, wie schön unser Planet ist. Wir Menschen dürfen diese Schönheit nicht zerstören, wir müssen sie pflegen und mehrern!“

Die Erschließung des Weltraums hebt die Menschheit auf eine neue Stufe sozialer Reife. Die Zukunft der Zivilisation liegt in der Überwindung der räumlichen, ressourcenbedingten und energetischen Beschränktheit unseres Planeten, in der friedlichen Erschließung des Weltraums.

ZIELE UND AUFGABEN DER GEOLOGI- SCHEN FERNERKUN- DUNG DER ERDE

In Abhängigkeit von der Anfangsgeschwindigkeit eines Raumflugkörpers vollzieht sich seine Fortbewegung entweder auf einer Kreisbahn oder auf einer elliptischen, parabolischen oder hyperbolischen Bahn. Die Fortbewegung eines kosmischen Flugkörpers auf einer Kreisbahn wird als Kreisbahn- bzw. als erste kosmische Geschwindigkeit bezeichnet.

Diese Geschwindigkeit verwandelt einen Raumflugkörper in einen künstlichen Erdtrabanten. Gerade von Flugbahnen dieser Art aus wird die Erde beobachtet und untersucht. Die in der Flugbahn eines Satelliten liegende und durch den Erdmittelpunkt verlaufende Ebene heißt die Bahnebene.

jekt für die Satellitenklimatologie der Wolken-decke“.

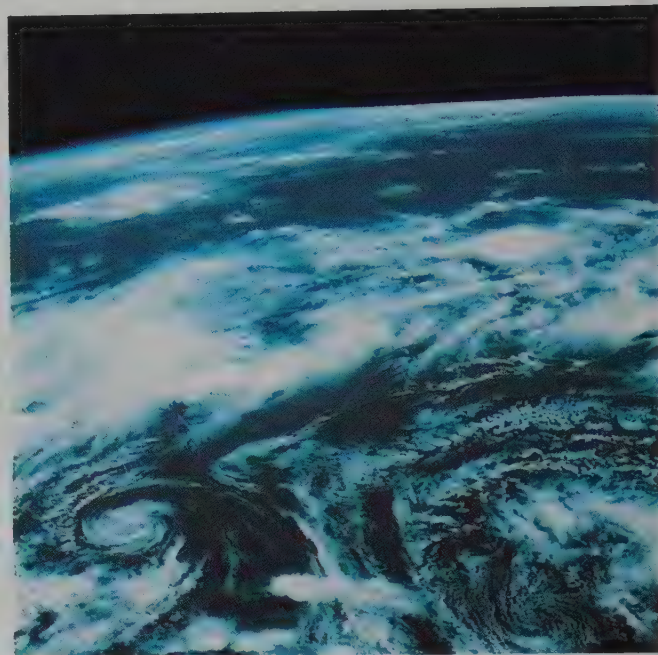
Aus dem Kosmos sind außerdem neue Angaben über die wichtigsten Charakteristiken der Atmosphäre wie Durchsichtigkeit, Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt und Verschmutzung gewonnen worden.

Die Beobachtungen aus dem Kosmos gestatteten es, viele wertvolle Informationen zur Untersuchung der Zugehörigkeit und gegenseitigen Abhängigkeit von Wolken verschiedenen Typs zu sammeln. Durch unablässige globale Beobachtungen konnte die Dynamik der Bewölkung, insbesondere atmosphärischer Prozesse und Erscheinungen im Meso- und Makromaßstab wie Zyklone, Wetterfronten und Taifune studiert werden.

Die sowjetischen Kosmonauten W. W. Kowaljonok und A. S. Iwantschenkow haben von Bord der Station Salut 6 eine Aufnahme (Abb. 55) gemacht, die einen ausgedehnten Zyklonwirbel über dem Südatlantik zeigt. Die Bewölkung ist spiralförmig. Die Luft bewegt sich im Uhrzeigersinn von der Peripherie zum Zentrum. Ein Zyklon ist bekanntlich ein Tiefdruckgebiet und kann im Durchmesser mehrere Tausend Kilometer betragen. In Tiefdruckgebieten überwiegt die Aufwärtsbewegung der Luft, was zur Bildung einer starken Wolken-decke und zu heftigen Niederschlägen führen kann.

Die Abbildung 56 stellt eine Aufnahme dar, die während desselben Fluges gemacht worden ist und die Zirkulation der Atmosphäre über

Abb. 56.
Zyklonalwolkenstrudel
über dem
südlichen Teil
des Indischen
Ozeans



dem südlichen Teil des Indischen Ozeans in Form eines mächtigen Doppelzyklonwirbels zeigt, von dem sich ein Teil bereits im Stadium der Auflösung befindet.

In der nördlichen Hemisphäre zirkuliert bekanntlich die Luft entgegengesetzt dem Uhr-

Abb. 57.
In der nördlichen
Hemisphäre dreht sich der
Zyklonalstrudel in
entgegengesetzter
Uhrzeigerrichtung.

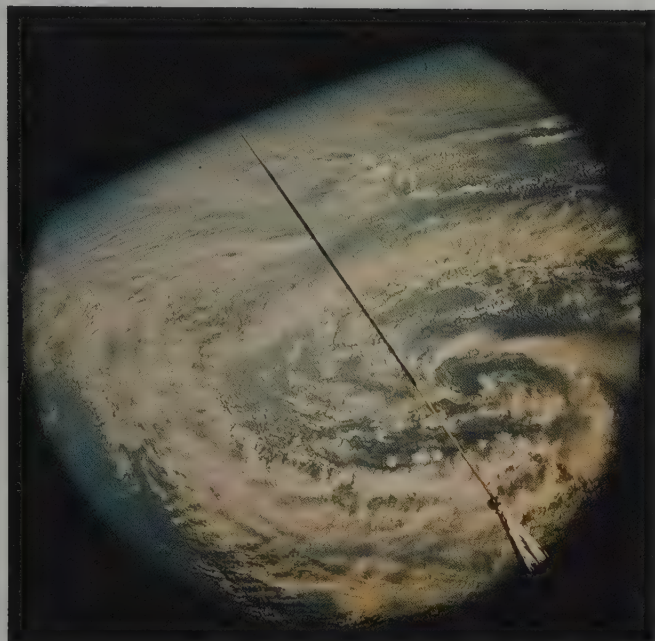
Die Lage der Flugbahnebene im Raum kann durch zwei Winkel bestimmt werden: durch die Länge des aufsteigenden Knotens und die Neigung. Als aufsteigenden Knoten bezeichnet man den Schnittpunkt, an dem der betreffende Satellit die Erdäquatorebene von Süden nach Norden überfliegt. Den entgegengesetzten Schnittpunkt nennt man entsprechend den absteigenden Knoten. Die Länge des aufsteigenden Winkels bestimmt den Winkel zwischen der gegenüber den Sternen konstanten Linie zum sogenannten Frühlingspunkt (Widderpunkt), den die Sonne um 21. März (astronomischer Frühling) überschreitet, einerseits und der Schnittlinie der Bahnebene und der Äqua-

torebene andererseits. Die Neigung kennzeichnet den Winkel zwischen der Bahnebene und der Äquatorebene.

Eine wichtige Bezugsgröße einer Kreisbahn ist deren Höhe über der Erdoberfläche.

Um die Lage eines Satelliten im System der Koordinaten der rotierenden Erde zu bestimmen, muß dieses System vor allem nach dem Erdkörper orientiert werden. Als Bezugsebenen können dabei die Äquatorebene und die Ebene des Greenwich-Meridians dienen. Diese beiden Bezugsebenen liegen dem geographischen System der Breiten und Längen der Erde zugrunde. Den Zusammenhang dieses Systems mit dem absoluten Inertial-System

Das Bild zeigt einen Zyklon, der den ganzen Nordatlantik verdeckt.



zeigersinn rund um das Tiefdruckzentrum, was auf einem Foto vom Nordpazifik (Abb. 57) zu sehen ist.

Einmalige Naturerscheinungen sind tropische Zyklone, auch Hurrikane oder Taifune genannt. Diese gefährlichen Naturgewalten

stellt der Winkel zwischen der Greenwich-Ebene und der Frühlingspunkttrichtung her. Wenn die Orientierung der Bahnebene und der Greenwich-Ebene im absoluten Koordinatensystem bekannt ist, kann die Flugbahn eines Satelliten gegenüber der Erde bestimmt werden.

Die Flugbahn eines Satelliten gegenüber der Erde setzt sich aus seiner Bewegung auf der Umlaufbahn, der täglichen Erdrotation und der Präzession der Bahnebene zusammen. Da die Präzession, die mit der Verschiebung (Abweichung) der Drehachse unseres Planeten im Inertial-System der Koordinaten unter Einwirkung der Gravitationskräfte von Mond und Sonne zusam-

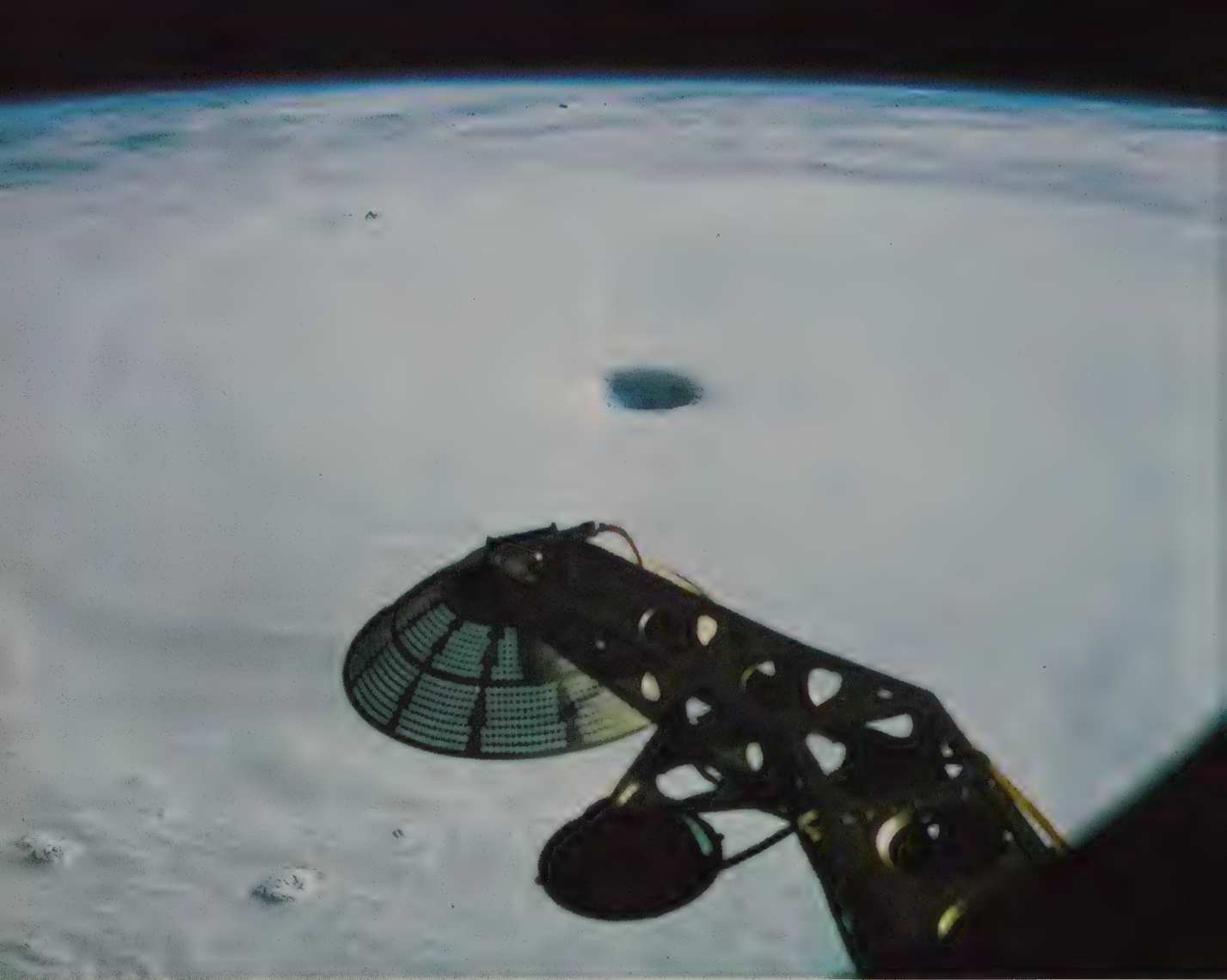
entstehen über der Oberfläche des Weltmeeres in der tropischen Zone, des öfteren zwischen dem 10. und dem 15. Breitengrad der beiden Hemisphären. Das starke Luftdruckgefälle in tropischen Zyklonen löst einen außerordentlich starken Wind aus, dessen Geschwindigkeit manchmal 70 bis 100 Meter in der Sekunde erreicht. Wenn Taifune dichtbesiedelte Regionen heimsuchen, richten sie gewaltiges Unheil an: Menschen werden getötet, Bauten und Verkehrswege zerstört. Der von ihnen verursachte Schaden beträgt manchmal Hunderte von Millionen oder sogar Milliarden Dollar.

Kosmische Beobachtungen ermöglichen heute Vorwarnung. Dank der 1969 rechtzeitig von einem kosmischen Flugkörper ausgesendeten Informationen über den sich der amerikanischen Küste nähernden Hurrikan „Camilla“ konnten in den USA aus der Gefahrenzone etwa 50 000 Einwohner evakuiert werden. In den Fällen, wo die Warnung zu spät kam, wirkten sich die Hurrikane verheerend aus. So war es beispielsweise im Juni 1972, als der Hurrikan „Agnes“ die USA heimsuchte. Er forderte das Leben von 118 Menschen und richtete einen Sachschaden in Höhe von über drei Milliarden Dollar an.

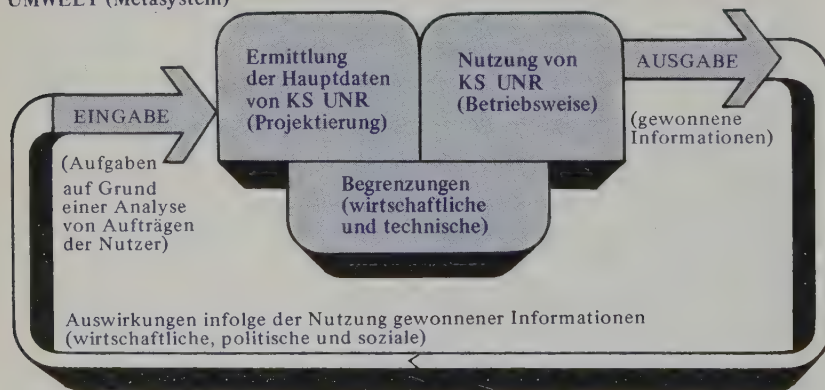
Das von den Kosmonauten W. W. Kowaljonok und A. S. Iwantschenkow am 26. Oktober 1978 aufgenommene Bild (Abb. 58) zeigt den tropischen Zyklon „Rita“, als er an der Ostküste der Insel Luzon (Philippinen) wütete. Die Wolkensystemform dieses Taifuns zeigt einen Strudel mit dem Trichter in der Mitte. Am

menhängt, einen geringfügigen Wert darstellt, kann sie außer acht gelassen werden.

Würde die Erde nicht um ihre Achse rotieren, wäre ein Satellit immer über denselben Gebieten geflogen. Seine Bahnabwicklung (Weg des Subsatellitenpunkts auf einer Weltkarte) wäre dann kreisförmig. Ein Polarsatellit, dessen Bahnebenen die Rotationsachse der Erde passiert, würde sich beispielsweise längst desselben Meridians bewegen und am gleichen Meridian regelmäßig in Intervallen, die der Umlaufzeit des künstlichen Erdrabanten gleichkommen, sichtbar werden. Der Satellit wäre aber nicht nur von dieser Meridianlinie aus zu sehen. Man könnte ihn von dem



UMWELT (Metasystem)



gesamten Erdstreifen aus sehen, dessen Breite dem Durchmesser der Sichtzone entspricht, d. h. von jenem Bereich der Erdoberfläche, der von Bord des Satelliten sichtbar ist. Bei einer Höhe von 200 Kilometern über der Erdoberfläche würde diese Sichtzone 2900 Kilometer breit sein.

Die Rotation der Erde beeinflusst den Charakter der soeben geschilderten relativen Bewegung des Satelliten erheblich. Die Erde scheint unter der Flugbahn „wegzuweichen“. In diesem Fall wird ein Polarsatellit

Abb. 256. Schema der optimalen Projektierung eines kosmischen Systems zur Fernerkundung der Naturressourcen der Erde

Abb. 58 (links). Eine Orbitalaufnahme des Taifuns „Rita“, der am 26. Oktober 1978 die philippinische Insel Luzón heimgesucht hatte.



Abb. 59. Die Front eines tropischen Taifuns. Dieser nähert sich der Stadt Da Nang, Vietnam.

Rande des Wolkentrichters und außerhalb seines Bereichs erheben sich einzelne Gipfel mächtiger Gewitterwolken. Die Bilanz dieses Taifuns ist traurig: 164 Menschen kamen ums Leben, etwa 100 sind vermißt, 574 000 wurden obdachlos.

Der Trichter im Zentrum des Taifuns heißt das „Sturmauge“ und ist eine merkwürdige Erscheinung: Im unmittelbaren Zentrum der tobenden Naturgewalten bleibt es fast windstill, während rund um den Trichter Gewitterwolken hängen und ein orkanartiger Wind tobt. Das „Sturmauge“ entsteht durch eine intensive Abwärtsbewegung der Luft im Zentrum eines tropischen Zyklons, wodurch der sinkende Luftstrom sich erwärmt, weil der Druck in niedrigeren Atmosphärenschichten steigt.

Eine Bodenaufnahme (Abb. 59) zeigt, wie die Front eines nahenden Taifuns über der Stadt Da Nang in Vietnam aussieht.

Die Orbitalbeobachtung macht es möglich, Entstehung, Bewegung und Auflösung tropischer Zyklone zu verfolgen. Mit der Zeit wird sie im Rahmen eines besonderen kosmischen Warndienstes über gefährliche spontane atmosphärische Erscheinungen einen wichtigen Platz einnehmen.

Die kosmische Beobachtung der Erdoberfläche lieferte viele wertvolle Informationen zum Studium der Atmosphärenverstaubung und -verschmutzung. Staubstürme, Vulkanausbrüche, Rauch von Industriebetrieben und Bränden, Zementstaub, Schwefelgas, Kohlenoxyd und vieles andere verschmutzen die Lufthülle unseres Planeten. Es ist beileibe keine Übertreibung,

die Pole überfliegen, jedoch zwischen ihnen die Meridianebenen überqueren. Die Satellitenflugbahnen mit Zwischenneigungen von 0 bis 90 Grad liegen zwischen einer nördlichen und einer südlichen Breite, die mit der Flugbahnneigung übereinstimmen.

Angesichts der Erdrotation können die Bahnelemente künstlicher Erdsatelliten derart ausgewählt werden, daß die Bahnabwicklung bei einer gewissen vorgegebenen Zahl von Umdrehungen die ganze Erdoberfläche erfaßt. Man kann auch die erwünschte Beleuchtung des Subsatellitenweges durch die Sonne erreichen. Manchmal wird beispielsweise eine Flugbahn gebraucht, bei der sich die Sonne

immer in der Bahnebene befindet oder diese Ebene unter einem bestimmten Winkel anstrahlt. Die Wendegeschwindigkeit der Bahnebene muß in diesem Fall der Winkelgeschwindigkeit der Erdbewegung gegenüber der Sonne entsprechen.

Die Wahl kosmischer Flugbahnen zur orbitalen Fernerkundung der Erde ist eine wichtige Etappe bei der ballistischen Projektierung entsprechender Raumflugkörper. In dieser Etappe wird die Frage gelöst, auf welcher Flugbahn sich der Flugkörper im erdnahen Raum bewegen muß, um eine geregelte Übersicht der ganzen Erdoberfläche oder des vorgegebenen sphärischen Bereichs in einer

wenn man feststellt, daß erst der Blick aus dem Kosmos Aufschluß über die wirklichen Ausmaße dieses Prozesses gegeben hat. Fest steht, daß der Wind Luftverschmutzungen über Tausende von Kilometern trägt. Die Luft über dem Südpol enthält beispielsweise Blei, das durch die Auspuffgase der Autos in die Atmosphäre gelangt, auch wenn die Autos nicht in der Nähe des Südpols, sondern über die Straßen von Amerika, Afrika und Australien fahren. Die Kosmonauten beobachteten wiederholt Staubstürme, deren Fahne sich von der Wüste Sahara über den Atlantik bis nach Mittelamerika und zum Stillen Ozean hinzog.

Die Raumfahrt hat also gute Aussichten für das Studium der Lufthülle unseres Planeten eröffnet. Durch sie ist es eigentlich gelungen, das komplizierte „Leben“ der Erdatmosphäre und des Weltmeeres unter einem neuen Gesichtswinkel zu erforschen. Die Probleme des Jahrhunderts – langfristige Wetterprognosen und die Aufstellung einer physikalischen Klimatheorie – lassen sich nur unter Berücksichtigung der Wechselwirkung aller Erdhüllen lösen, zu deren Studium geokosmische Untersuchungen einen grundlegenden Beitrag leisten. Von besonderer Bedeutung ist dabei das Studium der Atmosphärenenergetik, das mit der Erforschung der Atmosphäre und Hydrosphäre der Erde, des Erdinnern, der Sonne und des umgebenden Weltraums zusammenhängt.

Sowjetische Wettersatelliten vom Typ Meteor liefern den Wissenschaftlern bereits seit vielen Jahren Informationen, die bei der

Einschätzung energetischer Vorgänge Anwendung finden. Ein wichtiger Umstand dieser Forschungen ist, daß dabei Kenntnisse für die Lösung eines derart lebenswichtigen Problems der Menschheit wie die wirtschaftliche Nutzung absolut „reiner“, umweltfreundlicher, natürlicher Energiequellen gesammelt werden, die uns überall umgeben und deren Ressourcen riesengroß sind. Wenn es gelänge, auch nur ein Hundertstel der kinetischen Energie der Atmosphärenbewegungen zu nutzen, hätte man soviel Energie gewonnen, wie heute auf der gesamten Erde erzeugt wird.

Von Jahr zu Jahr erweitert sich der Kreis von Problemen zur Untersuchung der Lufthülle der Erde mit Hilfe kosmischer Flugkörper. Inzwischen nehmen daran viele Länder teil. Eine ganze Reihe internationaler Programme gilt dem zielgerichteten Studium dynamischer Prozesse in der Atmosphäre, ihrem Zusammenhang mit den im Weltmeer vorlaufenden Vorgängen sowie mit der Sonnenaktivität. Die Ergebnisse dieser Forschungen werden für die Lösung praktischer Aufgaben in der Volkswirtschaft, im Verkehrswesen und im Alltag umfassender ausgewertet.

relativ kurzen Zeitspanne zu gewährleisten. Die Hauptforderung dabei ist, ein solches Verhältnis zwischen der Umlaufzeit des kosmischen Flugkörpers und der Tagesrotation der Erde zu sichern, bei dem die Verschiebung der Flugbahn während des Umlaufabstands jeweils dem Sichtbereich der Bordapparatur für Fernerkundung entspricht. Die Erfüllung dieser Forderung gestattet die regelmäßige und globale Übersicht eines sphärischen Erdbereichs, den im Norden und Süden eine Breite begrenzt, deren Wert dem Neigungswinkel der Flugbahnebene zur Äquatorebene gleichkommt.

Die Hauptforderung der Naturforscher

an die Ballistiker besteht also darin, zu ermöglichen, die Erdoberfläche aus dem Weltraum unter bestimmten Bedingungen zu sehen. Bevor diese Möglichkeit Wirklichkeit wird, erheben sich die Hauptfragen: Zu welchem Zweck werden die Beobachtungen durchgeführt? Welche Aufgaben der Erderkundung sollen dabei gelöst werden? Mit welcher Apparatur und mit welchen Methoden lassen sich diese Untersuchungen am wirksamsten durchführen?

Bevor die technischen Daten kosmischer Flugkörper zur Untersuchung der natürlichen Erdoberflächen und der Umwelt festgelegt werden, muß man die Gesamtheit der Ziele und Aufgaben richtig umreißen, die

BLICK AUF DAS WELTMEER AUS DEM ALL

Der Kosmonaut W. W. Kowaljonok sagte über seine Eindrücke von der Beobachtung der Erde aus dem Weltraum: „Während des 140tägigen Fluges habe ich unseren Planeten lange genug gesehen. Er ist vorwiegend mit Wasser bedeckt, Festland gibt es wenig...“ Das stimmt: 70,8 Prozent der Erdoberfläche nimmt das Weltmeer ein. Hinzu kommen die Binnengewässer. Das Weltmeer überzieht eine Fläche von 361,1 Mill. km² und enthält eine Wassermenge von $1,37 \times 10^{18}$ t.

Obwohl das Weltmeer ein geschlossenes Wassergebiet darstellt, in dem Festlandmassive wie Inseln verstreut liegen, ist man übereingekommen, es im Hinblick auf seine physikalisch-geographischen Besonderheiten in den Stillen, den Atlantischen und den Indischen Ozean sowie in das Nordpolarmeer aufzuteilen. Fast die Hälfte der Weltmeerfläche entfällt dabei auf den Stillen Ozean, der mit Recht manchmal als der Große Ozean bezeichnet wird und übrigens auch die größten Wassertiefen der Erde aufweist.

Aus dem Kosmos ist gut sichtbar, daß die Oberfläche unseres Planeten sich gleichsam in zwei Hemisphären teilt: die südliche, vorwiegend vom Weltmeer bedeckte (nur 19 Prozent der

Gesamtfläche entfallen dort auf Festland), und die nördliche (Festland nimmt rund 39,4 Prozent der gesamten Fläche ein). Mit einem Wort: Die Erde ist ein „Wasserplanet“.

Es gibt wohl keinen Menschen, der nicht wüßte, was Wasser ist. Wir trinken Wasser. Ohne Wasser wären weder Industrie noch Landwirtschaft möglich. Am Meeresstrand bewundern wir die schöne Umgebung, genießen das Baden und Schwimmen. Dabei könnten wir mit allem Grund sagen: Im Meer plätschert Geheimnisvolles. Denn das Wasser ist ein Rätsel, ein aufsehenerregendes Wunder der Natur.

Akademienmitglied W. I. Wernadski stellte dazu fest: „Das Wasser nimmt in der Geschichte unseres Planeten eine Sonderstellung ein. Es gibt kein anderes natürliches Gebilde, das hinsichtlich seines Einflusses auf den Lauf der wichtigsten und größten geologischen Vorgänge mit ihm vergleichbar wäre. Alle irdischen Stoffe – Mineralien, Gestein und lebende Zellen – enthalten Wasser. Jeder irdische Stoff ... ist von Wasser durchdrungen und umgeben.“ Der französische Flieger und Schriftsteller Antoine de Saint-Exupéry schrieb über das Wasser: „Man darf nicht sagen, daß du lebensnotwendig bist. Du bist das Leben selbst...“

diese Flugkörper zu bewältigen haben. Die Fernerkundung der Erde aus dem Kosmos geschieht durch Raumflugkörper verschiedener Typen (darunter auch durch bemannte Raumflugkörper), die üblicherweise das kosmische System zur Untersuchung der Naturressourcen (KS UNR) darstellen. Dazu gehören auch Untersysteme (oder Komplexe), die den Start und die Steuerung der Flugkörper, den Empfang und die Verarbeitung der Orbitalinformationen sichern.

Im Einklang mit dem allgemeinen System der optimalen Systemprojektierung müssen für die Zusammenstellung von Eingabeinformationen des Systems Auf-

träge zahlreicher potentieller Nutzer geokosmischer Informationen analysiert, das System von Zielen und Aufgaben definiert und deren Rangordnung bestimmt werden. Dabei wird man unvermeidlich mit der Notwendigkeit des quantitativen Ausdrucks der Begriffe „besser“ oder „schlechter“ konfrontiert, mit der Notwendigkeit, verschiedene Standpunkte, Methoden und Ansichten auf Vorteile hin zu vergleichen.

Der erste Schritt auf dem Wege des quantitativen Vergleichs verschiedener Varianten von KS UNR ist die Einschätzung der relativen Wichtigkeit (im Rahmen eines Systems von Kriterien) der Ziele und Aufgaben der Untersuchungen. Eine solche

Du bist der größte Reichtum der Welt.“

In der Tat bestehen alle Lebewesen der Erde zu zwei Dritteln aus Wasser, darunter die Bakterien zu 81 Prozent, das menschliche Muskelgewebe zu 70 Prozent, das Blut des Menschen zu 79 Prozent. Geradezu überraschend ist aber, daß die chemische Zusammensetzung des Blutes von Mensch und Tier dem Salzgehalt des Weltmeeres sehr nahe kommt. Das ist eines der vielen Rätsel, die der Mensch erst noch lösen muß. Manche Wissenschaftler führen diesen Umstand darauf zurück, daß das Blut aller Lebewesen die chemische Zusammensetzung eines Mediums wiederholt, aus dem in der fernen Vergangenheit das Leben hervorgegangen ist. Andere nehmen das Gegenteil an, dem zufolge das Weltmeerwasser einen biogenen Ursprung habe, und seine Zusammensetzung resultiere aus dem Umstand, daß es durch lebendes Gewebe geflossen sei und ein Ergebnis biogeochemischer Prozesse darstelle.

Wasser ist ein sehr einfacher Stoff, man denke nur an seine chemische Formel H_2O . Zugleich kann man sich kaum einen komplizierteren vorstellen, dessen Eigenschaften in vielen Fällen noch nicht bekannt und ungeklärt sind und die in hohem Maße von den Qualitäten und der Zusammensetzung der Umwelt abhängen. Richtiger wäre die Feststellung, daß Wasser ein Sammelbegriff ist. In jedem Zustand (flüssig, fest oder gasförmig) stellt natürliches Wasser eine Lösung vieler anderer Stoffe dar. Es enthält unter anderem (wenn auch

in unbedeutenden Mengen) Wasserarten, deren Wasserstoff eine relative Atommasse aufweist, die von 1 abweicht, während der Sauerstoff eine Atommasse besitzt, die von 16 differiert. Diese Isotopenvarianten des Wassers haben darum andere chemophysikalische Charakteristiken und Eigenschaften als gewöhnliches Wasser. Bekannt sind auch leichtes und schweres Wasser, die manchmal mit dem sogenannten lebenden und dem toten Wasser gleichgesetzt werden. Die Wasserstruktur ist außerordentlich kompliziert. Sie wird durch Temperatur und Druck, durch unterschiedliche Wasser-Sauerstoffverbindungen, durch das elektromagnetische Feld sowie durch viele andere Faktoren bestimmt. Diese „Wasservielfalt“ ist natürlich zeitlich und räumlich verteilt, nimmt an einem Kreislauf teil und passiert dabei das lebende Gewebe der Erde, weil „das Leben ein besonderes kolloidales Wassersystem..., ein besonderes Reich des Naturwassers ist“, wie Akademiemitglied Wernadski schreibt.

Das Weltmeer ist also groß – sowohl nach seinen Ausmaßen als auch nach seiner Bedeutung für unseren Planeten.

Das Weltmeer ist auch noch die Wetterküche, der Hauptlieferant von Sauerstoff, eine Quelle von Fischarten und Speicher mineralischer Rohstoffe. Das Weltmeer ist auch ein Verkehrsweg, der die einzelnen Kontinente miteinander verbindet. Es ist ein außerordentlich dynamisches natürliches Medium mit direkten und rückgekoppelten Verbindungen zu anderen Geosphären (Atmosphäre, Lithosphäre,

Einschätzung prägt das System, bestimmt die optimalen Daten der Apparatur für die Fernerkundung der Erde sowie die Anforderungen an die Haupt- und Hilfsapparaturen von Raumflugkörpern (an Systeme der Steuerung, Wärmeregulierung usw.).

Das Problem der quantitativen Einschätzung der Ziele und Aufgaben von KS UNR zeichnet sich durch eine große Vielfalt anstehender Aufgaben aus.

Unter der Wichtigkeit einer Aufgabe versteht man den Grad der Änderung der Effektivität beim Betrieb eines Systems. Auf jeden Fall ist die Wichtigkeit eine veränderliche Größe, weil sich beim Betrieb des Systems seine Daten und Elemente, ihr Zusam-

menhang, ihre Umgebung sowie das System der Ziele und Aufgaben selbst ändern.

Eine Besonderheit von KS UNR ist, daß die quantitative Einschätzung der Wichtigkeit der Ziele und Aufgaben ohne die Expertenmethoden, die in den letzten Jahren in der praktischen Planung von Forschungen und Entwicklungen weitgehende Verbreitung gefunden haben, unmöglich ist. Die Expertenmethoden sind nicht einfach ein Weg der Meinungsforschung im Umfeld des einen oder anderen Problems, sondern eine Methode des Herangehens an die allseitige Untersuchung derart komplizierter Objekte, die sich mathematisch nicht umschreiben lassen. Die Aufgabe besteht darin, aus

Abb. 266. Hierarchische Struktur der Ziele und Aufgaben des kosmischen Systems zur Fernerkundung der Naturressourcen

1. Ebene
Metaziel

UNRE
mit Hilfe der Raumfahrttechnik

2. Ebene
Volks-
wirtschafts-
zweige

C.
Landwirtschaft

3. Ebene
Ziele der Zweige

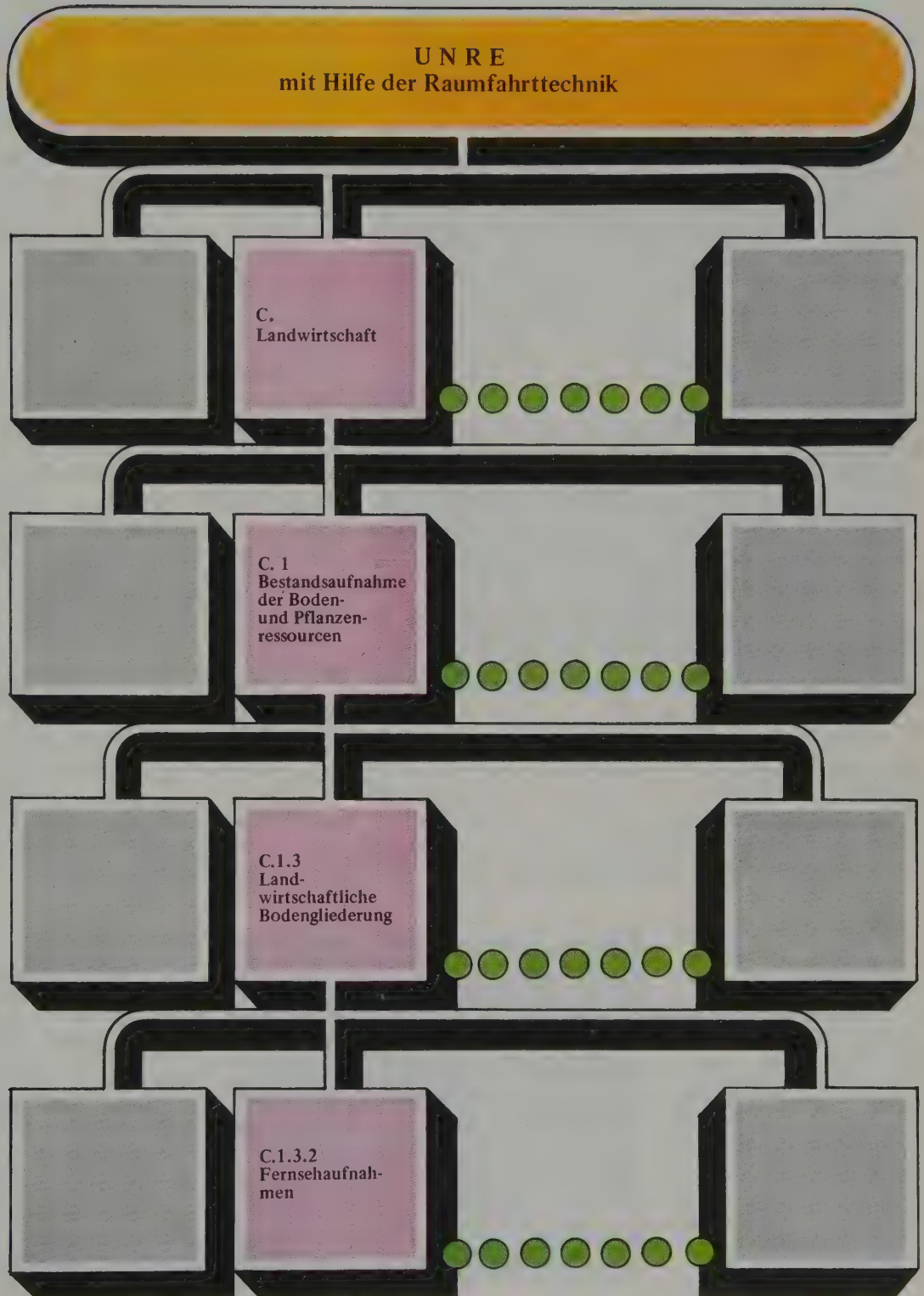
C. 1
Bestandsaufnahme
der Boden-
und Pflanzen-
ressourcen

4. Ebene
Aufgaben
der Zweige

C.1.3
Land-
wirtschaftliche
Bodengliederung

5. Ebene
Methoden und
Apparatur
von FEE

C.1.3.2
Fernsehaufnah-
men



Biosphäre, Technosphäre und Kryosphäre) und steht unter kosmophysikalischem Einfluß. Gerade deshalb muß das Studium des Weltmeeres umfassend, systematisch, regelmäßig sein und, was besonders wichtig ist, gleichzeitig mit dem Studium anderer Geosphären einhergehen.

Hier kamen dem Menschen die Kosmonautik, kosmische Raketensysteme zu Hilfe, dank denen ein qualitativ neuer Schritt in der Ozeanologie (es entstand eine neue Forschungsrichtung – die kosmische Ozeanologie) sowie bei der Lösung wissenschaftlich-praktischer und volkswirtschaftlicher Aufgaben zur Erforschung der Naturressourcen des Weltmeeres getan wurde.

Dem Studium des Weltmeeres dienen Erdsatelliten, bemannte Raumschiffe und Orbitalstationen, von deren Bord Wassergebiete fotografiert, Fernsehaufnahmen und Spektrometrie der Meeresoberfläche vorgenommen und hydrophysikalische Parameter mit Hilfe von Apparaturen untersucht werden, die im Funkbereich des elektromagnetischen Strahlungsspektrums funktionieren. Die Kosmonauten beobachten außerdem visuell verschiedene Prozesse und Erscheinungen in der Oberflächenschicht des Weltmeeres.

Unter den Hauptaufgaben der Erforschung des Ozeans aus der Orbitalhöhe könnte man folgende nennen: die Untersuchung der Veränderlichkeit des Ozeanwassers (der globalen Wasserzirkulation, der Wirbel, der Ozeanfronten, des Kaltwasserauftriebs, der

inneren Wellen); die Gewinnung neuer Informationen über die Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Lithosphäre; die Untersuchung gefährlicher Naturgewalten (Taifune, Tsunami, Ausbrüche von Unterwasservulkanen); Erfassung und Einschätzung der biologischen Aktivität in planktonreichen Regionen; laufende Kartierung und Prognostizierung der Verschiebung biologisch aktiver Zonen; Einschätzung der Nahrungsvorräte einzelner Gebiete des Weltmeeres im Interesse des Fischfangs und der Fischzucht; Zielzuweisung für Fischsuch- und Fischfangschiffe im offenen Meer; Einschätzung und Vorhersage des Wellengangs im Interesse der Schifffahrt; Untersuchung des Schelfs für die Erkundung von Bodenschätzen; Kontrolle der Wasserverschmutzung und Analyse der ökologischen Folgen von Verschmutzungen.

Seitdem in den erdnahen Weltraum bemannte Orbitalstationen vom Typ Salut aufgestiegen sind, befaßt sich die sowjetische Raumfahrt mit der eingehenden Untersuchung des Weltmeeres aus der Orbitalhöhe. Das Programm der visuellen Untersuchung der Umwelt mit Geräten von Bord der Station Salut 6 (1978 bis 1982) sah beispielsweise die Suche nach besonders wirksamen Formen der unmittelbaren Teilnahme der Kosmonauten an ozeanologischen Forschungen vor. Ein besonders großes Pensum an Beobachtungen und Fotoaufnahmen des Ozeans hatten die Kosmonauten G. M. Gretschnko, J. V. Romanenko, W. W. Kowaljonok, A. S. Iwantschen-

subjektiven Meinungen von Spezialisten in der zu untersuchenden Frage einen gewissen objektivierten Schluß zu ziehen.

Für die Beseitigung oder zumindest für eine wesentliche Verringerung der Schwierigkeit bei der Experteneinschätzung der relativen Wichtigkeit zahlreicher Elemente ist eine besondere Methode ausgearbeitet worden. Dieser Methode liegt das Dekompositionsprinzip zugrunde, d. h. eine konsequente Aufteilung des Hauptziels in kleinere Ziele und Aufgaben und weiterhin eine Aufteilung jeder Aufgabe in untergeordnete Aufgaben. Die Dekomposition und die Eigenschaften der Elemente jeder Aufgabenebene müssen dabei einer Reihe

besonderer Forderungen entsprechen. Im Ergebnis der Dekomposition entsteht eine hierarchische Struktur der Aufgaben.

Die Teilung eines Systems von Zielen in kleinere Bestandteile erlaubt es einem Experten, eine Einschätzung im Bereich eines präzise umrissenen Kreises von Problemen, Aufgaben und Methoden sowie nach einem bestimmten System von Kriterien vorzunehmen. Die Tatsache, daß an der Analyse mehrere Experten teilnehmen, macht die Einschätzung weniger subjektiv. Die Ergebnisse der Arbeit einer Expertengruppe werden natürlich gewisse Elemente von Subjektivismus seitens der Experten als auch der Organisatoren einer

kow, V. V. Rjumin und A. N. Beresowoi zu bewältigen. Sie registrierten kurzfristige ozeanologische Vorgänge in der Oberflächenschicht des Weltmeeres, die Hunderte und Tausende Kilometer von der Küste entfernt vor sich gingen. Mit Kameras machten sie Farb- und Schwarzweißaufnahmen von besonders typischen Naturerscheinungen. Während der visuellen Beobachtungen benutzten sie farbige Atlanten, um mit Koloritmethoden die Farbcharakteristiken von Wasserobjekten zu bestimmen, nach denen hydrophysikalische und biologische Eigenschaften des Ozeanwassers identifiziert werden.

Die optischen Eigenschaften der Gewässer setzen sich aus den Charakteristiken des reinen Wassers und von Beimischungen organischen oder mineralischen Ursprungs (Schweb- oder Flüssigstoffe) zusammen und hängen auch vom Wellengang (darunter von den Innenwellen) ab. Die Vielfalt optischer Eigenschaften wird von Beimischungen biologischen (Phyto- und Zooplankton) sowie mineralischen und organischen Ursprungs bestimmt. Die im Wasser gelösten oder schwebenden Stoffe bewirken im Vergleich zum reinen Wasser eine zusätzliche Zerstreuung und Absorption des sich im Wasser ausbreitenden Lichtes. All das beeinflusst das Spektrum (Farbe) und die Helligkeit der Strahlung, die von einem bestimmten Wassergebiet ausgeht.

In den küstenfernen Gebieten des Weltmeeres bestehen die wichtigsten färbenden Teilchen aus winzigsten Algen, dem Phy-

Abb. 60. Eine bei Sonnenuntergang gemachte Aufnahme der Galapagosinseln. Von Bord der Orbitalstation kann die Meeresoberfläche

bis 2000 km weit überblickt werden. Eine derart große Sichtbreite bietet der kosmischen Ozeanologie große Aussichten.



toplankton, das sich aus Chlorophyll und einigen anderen Pigmenten zusammensetzt. Diese Stoffe absorbieren stark blaue und rote Strahlen, nehmen jedoch grüne und gelbe Strahlen so gut wie nicht auf. Deshalb ist die gelbgrüne Meeresfärbung ein Zeichen für den

Auswertung der Expertenmeinungen enthalten. Das ist ein unvermeidbarer Preis für den Wunsch, quantitative Einschätzungen dort zu gewinnen, wo man sich früher mit qualitativen Einschätzungen begnügen mußte.

Aufgrund einer Analyse und Systematisierung der Forderungen, die von den Nutzern geokosmischer Informationen gestellt werden, haben die Autoren des Buches im Rahmen der soeben erläuterten Methode jene hierarchische Struktur der Ziele und Aufgaben von KS UNR ausgearbeitet. Diese Arbeit gestattet es im Prinzip, Ausgangsinformationen für die Formulierung von Forderungen zu sam-



Abb. 257. Schwarzweißaufnahmen finden beim Fotografieren der Erdoberfläche aus dem Weltraum weitgehend Anwendung. Bei allen sonst gleichen Bedingungen liefern sie Abbildungen, die sich durch ein maximales Auflösungsvermögen auszeichnen. Auf dem Bild: Die Ostküste des Kaspischen Meeres in der Umgebung der Halbinseln Mangyschlak und Busatschi. Fotografiert wurde von Bord der Station Salut 6 im gesamten sichtbaren Spektrum der elektromagnetischen Strahlung.

hohen Gehalt an pflanzlichen Organismen im Wasser. Das hängt manchmal mit der sogenannten photischen Wasserschicht (bis 200 m Tiefe) zusammen.

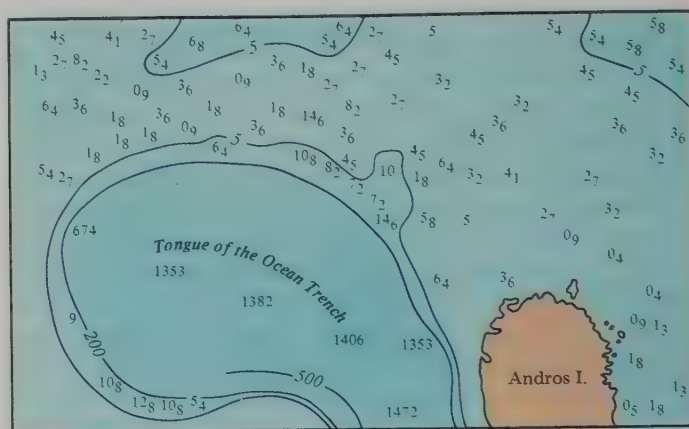
Wertvolle Hinweise auf im Weltmeer vor sich gehende Prozesse ergeben sich aus Wolkengebilden. Die Art der Bewölkung läßt manchmal darauf schließen, wo die Grenzen zwischen Festland und Meer, Eis und Wasser, Strömungen und Ozeanfronten usw. verlaufen.

Die Beobachtungen der Kosmonauten haben gezeigt, daß die Farbpalette des Weltmeeres sehr breit und vielfältig ist. Für jedes seiner Gebiete ist eine vorherrschende Farbe charakteristisch. Besonders deutlich sind Gebiete mit reinem Meerwasser und solche mit einer hohen Konzentration an Schwebestoffen zu erkennen. Die Farbe liefert Hinweise über die biologische Aktivität des jeweiligen Meeresgebietes und über deren Grenzen, hilft bei der Entdeckung von Meeresströmungen, ihren Mäandern (Windungen), ihren Ringen (von der Strömung abgetrennte ringartige Gebilde) und anderen dynamischen Erscheinungen. In den küstennahen Regionen kann man nach der farblichen Veränderung das Wasser des Festlandabflusses, seine Ausbreitung und Wechselwirkung mit dem Wasser des offenen Meeres verfolgen. Bei Untiefen werden das Relief und größere Gebilde des Meeresgrundes sichtbar.

Die Stärke und der Charakter des reflektierten Lichtstromes hängen beispielsweise von dem Winkel, unter dem die Sonnenstrahlen den Meeresspiegel beleuchten, von der Stärke

Abb. 61. Die Meerestiefen in der Nähe der Insel Andros (nach Angaben von Schiffsmessungen). Ein Vergleich dieses Schemas mit der kosmischen

Aufnahme zeigt, wie auf dem Bild Einzelheiten des Meeresbodenreliefs in verschiedener Tiefe bei hoher Wasserdurchsichtigkeit



des Seegangs, der „Unebenheiten“ auf der Wasseroberfläche erzeugt, sowie von der Beobachtungsrichtung ab. Daher ist die Wahl der effektivsten Aufnahmebedingungen durch die Kosmonauten von großer Bedeutung.

Die Spiegelreflexion der Sonnenstrahlen bildet sogenannte Sonnenkringel (Abb. 60), deren Helligkeit außerordentlich stark ist. Bei der ideal glatten Meeresoberfläche, wie sie bei völliger Windstille vorkommt, werden die Sonnenkringel kleiner und ziehen sich vom Beobachter zur Sonne hin. Wenn die Meeresoberfläche von Wellen bewegt wird,

melnen, die an die Bordapparatur für Fernerkundung der Erde (FEE) an Hilfsgeräte usw. gestellt werden (siehe S. 83).

Die auf diese Weise konstruierte Struktur weist fünf hierarchische Ebenen auf. Die erste Ebene ist das Metaziel (das verallgemeinernde Hauptziel): die Untersuchung der Naturressourcen der Erde (UNRE) mit Hilfe der Raumfahrttechnik. Die zweite Ebene bezeichnet Volkswirtschaftszweige, die dritte die Ziele der Zweige, die vierte die Aufgaben der Zweige, die fünfte die Apparaturen und Methoden von FEE.

Wie man sieht, ermöglicht es die vierte Ebene, Forderungen an die FEE-Appara-

turen zu stellen und somit Forderungen an zu KS UNR gehörende kosmische Raumflugkörper sowie an technische Systeme zur Verarbeitung von Informationen zu formulieren.

Eine solche, auf der funktionalen Dekomposition aufgebaute Struktur kann für die Analyse der relativen Wichtigkeit von Aufgaben und für deren Rangordnung benutzt werden, was es ermöglicht, ein Bild des gesamten kosmischen Systems zur Untersuchung der Naturressourcen zu entwerfen.

Die Anlage I illustriert ein Beispiel der Einschätzung der relativen Wichtigkeit von Aufgaben in der Landwirtschaft.

erkennbar werden.

Abb. 62. Die Aufnahme des Sargassomeeres neben der Insel Andros (Bahamas) zeigt die „Zunge

des Ozeans“, die als deutlich abgegrenzter dunkelblauer Fleck zu erkennen ist. Das Sargassomeer ist hier über 1800 m tief. Die „Zunge

des Ozeans“ ist von kaum 20 m tiefen Flachwassergebieten umgeben. Auch Details des Meeresbodenreliefs sind erkennbar.



Abb. 63. Synthetisierte kosmische Farbaufnahme des Golfs von Cambay im Nordwesten Indiens. Diese Aufnahme wurde vom Kosmonauten Rakesh

Sharma während des Experiments „Terra“ gemacht. Eine Serie derartiger Orbitalbilder bietet die Möglichkeit, die Schwebstoffführung der

Flüsse zu untersuchen, die große Nährstoffmengen in den Ozean bringen. Diese zu verschiedener Zeit gemachten Aufnahmen helfen auch bei der

Einschätzung des Einflusses von Abwässern der Landwirtschaft und Industrie auf den Ozean.



KOSMISCHES SYSTEM ZUR FERN- ERKUNDUNG DER NATUR- RESSOURCEN DER ERDE

Unter den an Bord kosmischer Flugkörper befindlichen technischen Mitteln zur Fernerkundung der natürlichen Umwelt nehmen die Foto- und Fernsehkameras einen besonderen Platz ein.

Kosmische Fotos weisen eine ganze Reihe von Vorzügen auf. Erstens lassen sich auf ihnen auch kleine Objekte (hohes Auflösungsvermögen) auf der Erdoberfläche erkennen. Zweitens eignet sich ein Foto besser für die visuelle Analyse, weil der Mensch daran besser gewohnt ist. Drittens sind für Orbitalfotos eine weitreichende Übersicht und die damit zusammenhängende territoriale Integration wie auch eine Generalisierung (Verallgemeinerung) von

Einzelheiten charakteristisch. Viertens zeichnen sich die Orbitalfotos durch die sogenannte Faktorintegration aus, d. h. durch die Zusammenfassung verschiedener Komponenten der Geosphäre (Atmosphäre, Hydrosphäre, Lithosphäre und Biosphäre) auf ein und derselben Abbildung. In diesem Zusammenhang ist eine Analyse ihrer Wechselwirkung und ihres gegenseitigen Einflusses möglich.

Die von Bord der Orbitalstation Salut 6 abberufene Aufnahme der westlichen Teile Mittelasiens und eines Teils des Kaspischen Meeres (Abb. 257) zeigt ein Territorium von mehr als 200 000 km². An diesem Foto können gleichzeitig Wüsten- und Halbwü-

werden die Sonnenkringel bedeutend größer.

Das Spektrum der Sonnenstrahlung (Sonnenlicht) besteht bekanntlich aus vielen Farben, von denen jede im Wasser unterschiedlich absorbiert und zerstreut wird; besonders tief dringen ins Wasser hellblaue und grüne Strahlen ein; dunkelblaue und rote Strahlen erreichen geringere Tiefen, während die ultraviolette und Infrarotstrahlung von der Wasseroberfläche vollständig absorbiert wird.

In reinem Wasser wird das Licht von Wassermolekülen zerlegt. In besonders hohem Maße gilt das für dunkelblaue Strahlen. Deshalb sind Reinwassergebiete des offenen Meeres sehr oft dunkelblau gefärbt.

Die Abbildung 62 zeigt einen Teil des Bermuda-Dreiecks. Die gute Wasserdurchsichtigkeit macht es möglich, das Sandbankrelief an der Androsinsel (Bahamas) zu sehen. Die Tiefen dieser Sandbank und der Rinnen sind auf der Abbildung 61 gut zu sehen. Auffallend auf dem Foto ist, daß der dunkelblaue, scharf umrissene Fleck die Konturen einer Tiefwassersenke nachzeichnet. Besonders scharf heben sich die an der Senke beginnenden Rinnen ab, über die der von Pflanzen- und Korallenresten gebildete Kalksteinschlamm hineingetragen wird.

Auf der Abbildung 63 ist zu sehen, wie die in den Golf von Cambay vor der Westküste Indiens mündenden Schlammströme der Flüsse Mahi, Narbada und Tapti aus dem Kosmos aussehen. Das synthetisierte Farbfoto bietet die Möglichkeit, die Hauptmerkmale der Trübungsströme zu verfolgen und die Intensität dieses

Abb. 64. Die Lagune Patos an der Südostküste Brasiliens

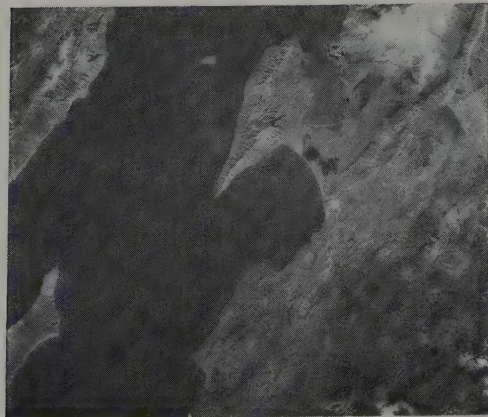
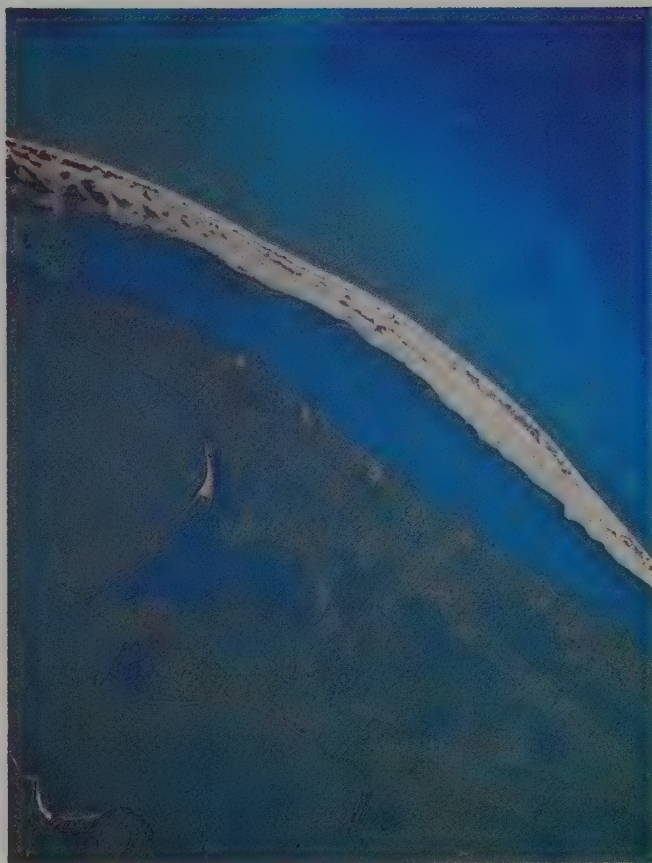


Abb. 258 und 259. Zwei schwarzweiße kosmische Multispektralaufnahmen, die im Spektralbereich $0,5-0,6 \mu\text{m}$ (die linke Aufnahme) und $0,6-0,7 \mu\text{m}$ (die rechte Aufnahme) gemacht wurden. Verschiedene natürliche Objekte sind auf diesen Bildern auf unterschiedliche Weise abgebildet. Die beiden Fotos – sie zeigen den mittleren Teil des Baikalsees – ergänzen einander.

Abb. 65. Kosmische Aufnahme des südöstlichen Teils des Kaspischen Meeres und der Küste Turkmeniens. Deutlich erkennbar ist die

Ausbreitung von Sandsturmpartikeln auf der anliegenden Wasserfläche. Zusammen mit dem Sand gelangt vorwiegend aus Insekten

bestehende biologische Masse ins Meer. In den letzten Jahren werden in diesem Teil des Kaspischen Meeres auch andere synchrone

Experimente durchgeführt, um den Einfluß der Sandstürme auf die biologische Produktivität des Meeres und den Zusammenhang derartiger



stenregionen, die Versandung und Verschmutzung des Wassers im Kaspischen Meer, anthropogene Landschaftsstörungen, die Ausbreitung der Rauchfahnen von Industriebetrieben usw. studiert werden.

Der Betriebsbereich der Fotokameras (0,3–1,1 Mikron) ist seitens des infraroten Spektrumteils durch die Empfindlichkeit des Films und seitens des ultravioletten Teils durch die Lichtdurchlässigkeit der Objektive und die atmosphärische Sicht begrenzt.

Die optischen Systeme der Foto- und Fernsehkameras sind für den Empfang (Übertragung) und die Umverteilung des Strahlungsflusses bestimmt und teilen sich in drei Gruppen: Linsensysteme, in denen sich

der Strahlungsfluß beim Passieren eines brechenden Mediums umverteilt; Spiegelsysteme, wo die Umverteilung des Strahlungsflusses im Raum durch die Reflexion in einem oder mehreren Spiegeln verschiedener Form erfolgt; Spiegellinsensysteme, die die Eigenschaften der Linsen- und der Spiegelsysteme in sich vereinigen.

Beim kosmischen Fotografieren kommen die verschiedensten Kameras zur Anwendung, darunter auch solche mit Weitwinkelobjektiven für einen Spektralbereich und mit Planfilmen. Derartige Kameras können als Doppelblöcke bei stereoskopischen Aufnahmen zum Einsatz kommen. Zur besseren Interpretation der

Naturerscheinungen mit der Migration von Fischschwärmen zu untersuchen. Gleichzeitig finden unter Einsatz von Farbmeßgeräten

Experimente zur Orbitaluntersuchung der Farbwerte des Meeres statt.

Abb. 66. Diese kosmische Aufnahme des

Atlantischen Ozeans bei den Falklandinseln zeigt das komplizierte Bild eines Wasserwirbels.

Abb. 67 und 68 (auf der

nächsten Seite). In Abständen von mehreren Tagen gemachte kosmische Aufnahmen ein und desselben Golfstromabschnitts

Prozesses indirekt zu beurteilen. Eine Reihe ähnlicher Aufnahmen veranschaulicht die Dynamik dieses Prozesses.

Die Besonderheiten der Berührung und Vermischung des Flußwassers der Lagune Patos mit dem salzigen Ozeanwasser an der Südostküste Brasiliens sind auf der Abbildung 64 zu sehen, besonders wie weit die festen Teilchen hinausgetragen werden. Regelmäßige Aufnahmen derartiger Küstengebiete erlauben es, die hydrologischen Verhältnisse der Flüsse und die Einwirkung des Festlandabflusses auf das Küstenmeerwasser zu studieren. Die Abbildung 65 veranschaulicht, wie sich das Kaspische Meer unter dem Einfluß von Staubstürmen turkmenischer Wüsten trüben kann.

Mehrere weitere kosmische Aufnahmen veranschaulichen, wie die Dynamik der Wassermassen aus dem Orbit studiert werden kann. Es sei daran erinnert, daß in der Ozeanologie unter Wassermasse allgemein ein großes Wasservolumen gemeint ist, das sich in einem bestimmten Teil des Weltmeeres bildet und über längere Zeit seine physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften fast unverändert behält. Die Grenze zwischen zwei Wassermassen wird als Ozeanfront bezeichnet. Längs der Ozeanfront können wellenartige



Windungen – Mäander – entstehen, die sich in einzelnen Fällen losreißen und zyklonische (Drehung gegen den Uhrzeigersinn) sowie antizyklonische (Drehung im Uhrzeigersinn) Wirbel mit einem Durchmesser bis zu 200 km bilden. Im Frontbereich entstehen dank einer

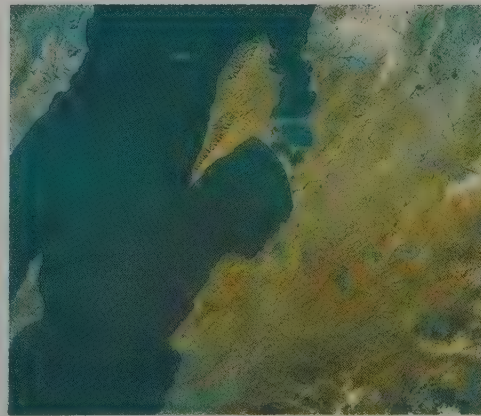
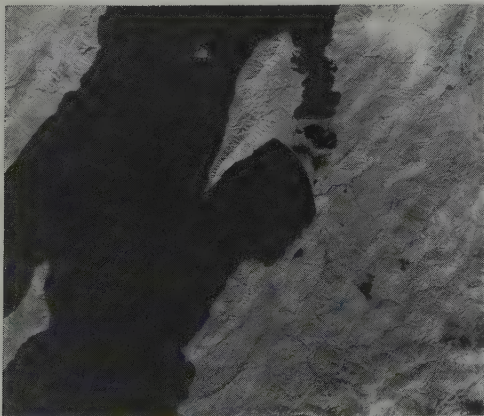


Abb. 260 und 261. Die linke Aufnahme derselben Gegend wurde im infraroten Spektralbereich ($0,7-0,84 \mu\text{m}$) gemacht. Auf ihr zeichnen sich Wasserobjekte schärfer, Reliefeinzelheiten aber schwächer ab. Die Pseudocolorierung der drei letzten Aufnahmen (das rechte Bild) bietet zusätzliche Möglichkeiten für die Bildinterpretation vieler natürlicher Objekte, beispielsweise der Vegetationsdecke, die sich durch rote Schattierungen kenntlich macht.



gewonnenen Abbildungen können die Apparate mit verschiedenen Filmsorten versehen werden: beispielsweise der eine Apparat mit einem Schwarzweiß- und der andere mit einem Farbfilm.

Über große Möglichkeiten verfügen Multispektralkameras-Blöcke aus mehreren Kameras für je einen Spektralbereich, von denen jede mit einem eigenen Filter und mit dem entsprechenden Film versehen ist. Mit ihrer Hilfe können Multispektralaufnahmen gemacht werden; die gleichen Objekte werden in schmalen elektromagnetischen Spektralbereichen fotografiert, die den Betriebsbereich der Fotokameras bilden.

Die Arbeiten auf diesem Gebiet bewiesen einen außerordentlich hohen Wert der dabei gewonnenen Informationen für die Untersuchung der Naturressourcen und der Umwelt aus dem Weltraum. Denn die uns umgebenden natürlichen Objekte haben unterschiedliche Reflexionsspektren (Spektralwerte). In einzelnen Wellenbereichen kann jedoch die Strahlungsintensität reflektierender Objekte gleich sein. Das kann in den einen Wellenbereichen seltener und in den anderen öfter der Fall sein. Zum Erkennen von Objekten eignet sich besser ein Bereich, in dem die Strahlungsintensität verschieden ist und die spektralen Helligkeiten gleichmäßiger über den ganzen



Abb. 262. Überprüfung der Fotoapparatur für topographische Aufnahmen KATE 140 vor ihrem Einbau in eine Orbitalstation

Bereich verteilt sind. Ein solcher Wellenbereich für die meisten Bodenobjekte liegt zwischen 0,45 und 0,66 Mikron im sichtbaren Teil des Spektrums. Nach den Erdbildern in diesem Wellenbereich kann die Strahlungsintensität verschiedener Objekte gemessen und deren Typ identifiziert werden. Dennoch wird die Wahrscheinlichkeit des Erkennens nicht sehr hoch sein, weil viele Objekte in diesem Bereich dieselbe Strahlungsintensität aufweisen können. Dann könnte man einen weiteren Wellenbereich benutzen und in ihm die Strahlungsintensität derselben Objekte messen. Da dieser Wellenbereich bei weitem nicht der günstigste sein kann, wäre hier die

intensiven Vermischung günstige Bedingungen für die Entwicklung des Phytoplanktons.

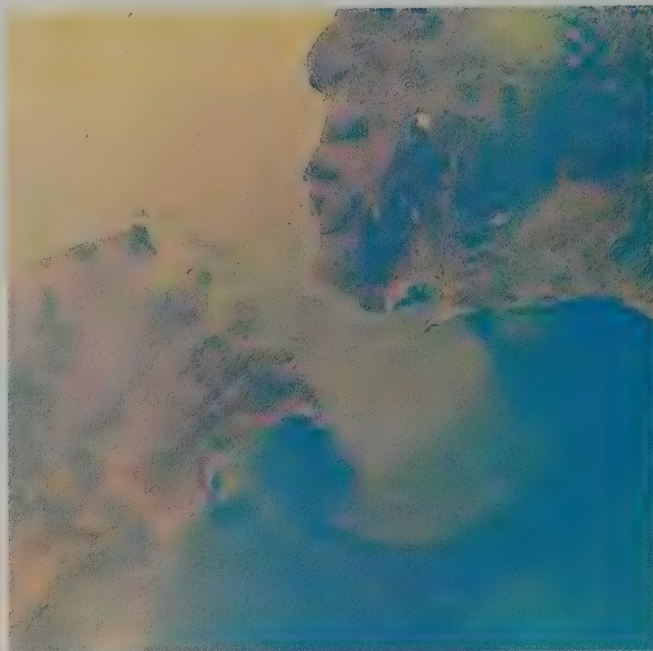
Farbaufnahmen, die in kurzen Zeitabständen (einige Tage) gemacht worden sind, ermöglichen es, die Struktur festzustellen und die räumlich-zeitliche Veränderlichkeit des Gebiets einzuschätzen, in dem die Wechselwirkung zweier Wassermassen vor sich geht.

Die vom 1. Januar 1978 stammende Aufnahme (Abb. 66) zeigt das augenblickliche Bild von Wirbeln im Raum der Falklandinseln (Malwinen), in einem der Zirkulationssysteme des Weltmeeres. Es ist unmöglich, eine ähnliche Abbildung dieses dynamisch derart ungleichmäßigen und ausgedehnten Gebiets mit anderen als kosmischen Mitteln zu bekommen. Die Meeresströmung beeindruckt durch die Kompliziertheit eines Systems von Wirbeln, die in horizontaler Ebene rund oder ellipsenförmig sind. In unmittelbarer Nähe zum Stromstrich überwiegen zyklonische und an der Peripherie antizyklonische Wirbel. Die deutliche Abbildung auf dem kosmischen Foto ist dank der unterschiedlichen optischen Dichte des Zentralteils des Wirbels und der anliegenden Abschnitte mit deren unterschiedlichen physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften zustande gekommen. Die Untersuchung dieser Wirbel ist für eine Analyse meteorologischer Verhältnisse und für das Studium des Klimas erforderlich.

Die Abbildung 67 zeigt ein Stück des Golfstroms südöstlich von der Insel Neufundland. Dieses Foto ist von den Kosmonauten V. V. Rjumin und L. I. Popow am 25. Juni 1980

Abb. 69. Die Strömung, die aus dem Atlantik durch die Straße von Gibraltar ins Mittelmeer gelangt, äußert sich auf kosmischen Bildern auf

verschiedene Weise, abhängig vom Zustand des Wassers und von den Beleuchtungsverhältnissen. Die linke Aufnahme zeigt die Straße von Gibraltar bei



um 15.48 Uhr Moskauer Zeit von Bord der Station Salut 6 aus aufgenommen worden. Fotografiert wurde ein Gebiet, das zu den besonders dynamischen und planktonreichen Regionen des Weltmeeres zählt. Der kalte, mit Flußwasser verdünnte, an biogenen Stoffen –

Identität der Strahlungsintensität viel wahrscheinlicher. Letztere wird sich aber in diesem Fall auf andere Gruppen von Objekten beziehen, was die Erkennungsfähigkeit des ganzen Systems wesentlich steigert.

Die Erfahrungen zeigen, daß die Nutzung zweier Wellenbereiche die Wahrscheinlichkeit des Erkennens von Naturobjekten auf einen Wert von 0,7–0,75 erhöht. Drei Bereiche lassen die Wahrscheinlichkeit des Erkennens auf Werte von etwa 0,8–0,85, vier auf 0,9–0,92 und fünf auf 0,95 wachsen.

Von praktischen Überlegungen ausgehend, wäre die Entwicklung von Mul-

tispektralfotosystemen für drei bis sechs Bereiche besonders zweckmäßig. Die Engspektalbilder können dabei durch Multispektral- und Farbfotos ergänzt werden, was die Wahrscheinlichkeit der Auswertung noch mehr erhöhen würde. Die in verschiedenen Spektralbereichen gewonnenen Schwarzweißbilder können außerdem für die Synthese farbiger (pseudocolorierter) Abbildungen verwendet werden. Als Beispiele dafür seien hier die Abbildungen 258, 259, 260 und 261 genannt, die den Raum des Baikalsees zeigen. Diese Aufnahmen wurden von einem automatischen Satelliten der „Kosmos“-Serie gemacht. Die Fotos zeigen schneebedeckte

Sturm am 10. August 1978.

Abb. 70. Diese Aufnahme wurde vier Tage später gemacht, als sich das stürmische Meer wieder

beruhigt hatte. Der in der Meerenge bestehende Bodenstrom in entgegengesetzter Richtung ist auf Orbitalaufnahmen nicht zu erkennen.



Nahrung des Phytoplanktons (hellere Wasserfarben) – reiche Labradorstrom gerät hier in das sehr warme und salzhaltige Wasser der viel stärkeren Nordatlantikströmung, die den Hauptarm des Golfstroms darstellt und in den Nordosten – in die Arktis (dunkelblaues

Wasser) – fließt. Das Bild ihrer Wechselwirkung wird durch Untiefen vernebelt, die im Raum des Zusammenflusses östlich von der Insel Neufundland liegen. Plankton vermehrt sich recht gut im kalten und sauerstoffreichen Wasser des Labradorstroms, das durch die Vertikalzirkulation an die Oberfläche in die photische Schicht hinausgetragen wird, und markiert hydrodynamische Prozesse. Außerdem zeigt die Aufnahme deutlich die Mäanderbildung und den zyklonischen Wirbel, der durch das Umfließen der Unterwasserbank Flämische Kappe entsteht.

Die Abbildung 68 zeigt denselben Abschnitt des Golfstroms einige Tage später.

Vom Bord der Station Salut 6 aus wurde die Straße von Gibraltar wiederholt fotografiert, darunter auch – recht oft von den Kosmonauten W. W. Kowaljonok und A. S. Iwantschenkow. Die zu unterschiedlicher Zeit gemachten Aufnahmen liefern wertvolle Informationen über die Dynamik der Wassermassen und den Charakter der Küste.

Über die Straße von Gibraltar vollzieht sich bekanntlich der Wasseraustausch zwischen Mittelmeer und Atlantik. Die Oberflächenströmung fließt dabei in das Mittelmeer und die Bodenströmung in die Gegenrichtung. Das hängt damit zusammen, daß das weniger salzhaltige, also auch leichtere Ozeanwasser an der Oberfläche bleibt, während das schwere Meerwasser mit höherem Salzgehalt nach unten sinkt.

Eine am 10. August 1978 gemachte Aufnahme (Abb. 69) registriert, daß die



Abb. 263. Die Kamera MKF 6M ist für kosmische Aufnahmen der Erdoberfläche in sechs schmalen Spektralbereichen der elektromagnetischen Strahlung bestimmt.

Bergkämme. In den Zwischengebirgssenen (1500 m ü. d. M.) lassen sich Ortschaften, Felder und Weideplätze erkennen. An den Berghängen befinden sich in verschiedener Höhe diverse natürliche Vegetationstypen: Almen, lichte Nadelholzwälder und Waldmassive, Laubholzsträucher und Steppenlandschaften.

In jeder der gewählten Zonen sind Spezialinformationen über natürliche Strukturen gewonnen worden. Die Abbildung 258 (0,5–0,6 Mikron) ist beispielsweise für das Studium von seichten Stellen besonders informativ. Die Abbildung 259 (0,6–0,7 Mikron) gewährt die beste räumliche Auflösung und gestattet eine Analyse kleinerer

Abb. 71. So sieht der
östliche Teil des
Balchaschsees in
Kasachstan aus dem
Weltraum aus. Farbfotos
veranschaulichen den

unterschiedlichen
Salzgehalt und die
Mineralisierung des
Wassers. Regelmäßig
gemachte Orbitalfotos und
synchrone von Schiffen

aus durchgeführte
Messungen sichern die
Ausarbeitung von
Methoden für die
Interpretation kosmischer
Bilder größerer

geschlossener Salzwässer
wie etwa des Kaspischen
Meeres oder des Aralsees.
Synchrone
Boden-Luft-Kosmos-
Experimente im Raum



des Balchaschsees werden selten aufgeschoben, weil sich dieses Gebiet durch ein stabil wolkenloses Wetter auszeichnet.

Abb. 72. Die inneren Wellen an der Ostküste des indischen Subkontinents südlich der Palkstraße sind von Bord eines Schiffes oder eines

Flugzeugs aus nicht zu erkennen. Aus dem Orbit hingegen heben sich die inneren Wellen deutlich vom Hintergrund ab. Diese

Aufnahme machte der indische Kosmonaut Rakesh Sharma während des Experiments „Terra“.



Atlantikoberfläche infolge eines Sturms im Golf von Cádiz stark getrübt worden ist. Nach den Unterschieden der Farbintensität lassen sich Abschnitte mit der unterschiedlichen Konzentration von feinem Schwebestoff in der Oberflächenschicht erkennen und deren allmähliche Verringerung mit der Bewegung der Wassermasse durch die Meerenge in den westlichen Teil des Mittelmeers verfolgen. Die Ausbreitung der Wellen in der Meerenge und im westlichen Mittelmeer ist auf dem Foto deutlich zu erkennen.

Auf der bei Windstille am 14. August 1978 gemachten Aufnahme (Abb. 70) hat sich das Bild der Meeresoberfläche schlagartig verändert und ist weniger eindrucksvoll geworden.

Man hat längst festgestellt, daß der unterschiedliche Salzgehalt im Meerwasser bei der Beobachtung aus großer Höhe unterschiedliche Schattierungen der blaugrünen Farbpalette aufweist. Zum Studium dieser Besonderheiten werden am Balchaschsee in Kasachstan regelmäßig Experimente angestellt, bei denen mit Hilfe von Farbigkeitsatlanten und des Gerätes Zwet 1 an Bord der Orbitalstationen das Wasser im See erforscht wird. Gleichzeitig laufen Beobachtungen und Messungen an Bord eines Flugzeugs vom Typ AN 30 und an Bord eines Schiffes. Auf einer Aufnahme des östlichen Teils des Balchaschsees (Abb. 71) beruht die blaue Schattierung auf dem sehr geringen Salzgehalt des Seewassers.

Orbitalbeobachtungen und -aufnahmen der Seegebiete haben das Interesse der Ozeanologen

geweckt, die sich mit dem Studium der inneren Wellen befassen, die in der Regel an der Grenze zweier Wasserschichten verschiedener Dichte entstehen. Die Amplitude dieser Wellen und die Entfernung zwischen den Nachbarkämmen ist bei ihnen üblicherweise viel größer als bei den Oberflächenwellen. Des öfteren entstehen sie im Bereich von Gezeitenströmungen.

Die Innenwellen bewegen sich in einer gewissen Tiefe unter der Ozeanoberfläche und können visuell von Bord eines Schiffes oder Flugzeugs aus nicht gesehen werden. Ihre Registrierung mit traditionellen Methoden setzt die Messungen des Temperaturgefälles, des Salzgehalts und anderer Parameter in der Wassertiefe voraus. Aus dem Kosmos kann aber diese – in mancher Hinsicht noch rätselhafte – Erscheinung recht deutlich beobachtet werden. Die Abbildung 72 zeigt Innenwellen, die vom Südosten der Küste Indiens zur Meerenge Palk-Straße hin verlaufen.

Von großer Bedeutung ist die Erkundung der Eisverhältnisse aus dem Kosmos.

Im Winter friert die Oberfläche in kalten Gewässern ganz oder teilweise. Das Bild der Eisverhältnisse ist selten gleichartig: vor dem Hintergrund des eisfreien Wassers heben sich zugefrorene Abschnitte recht bizarrer Form heraus. Ein anschauliches Beispiel dafür war die Winteraufnahme der zu den Kurilen gehörenden Insel Iturup (Abb. 73). Eine Reihe derartiger Aufnahmen ermöglicht es, die Dynamik bei der Veränderung der Eisdecke zu verfolgen.

Die Insel Iturup und das anliegende Ge-

Objekte. Die Abbildung 260 (0,7–0,84 Mikron) verzeichnet dunkel schattiert die Wasseroberfläche und hebt die geologische Struktur des Territoriums hervor.

Schwarzweißaufnahmen aus verschiedenen Spektralbereichen dienen für die Synthese der Farbbildung 261. Die unterschiedlichen Spektralhelligkeiten der natürlichen Strukturen spiegeln sich in der Bildsynthese als Farbschattierungen wider. Die Nutzung verschiedener Varianten der Farbkodierung bei Spektralaufnahmen gestattet es, bei einer Synthese die zu untersuchenden Objekte optimal hervorzuheben und so den Nutzeffekt der Interpretation zu erhöhen.

Beim kosmischen Fotografieren kamen verschiedene Fotokameras zum Einsatz. Hier seien die technischen Daten zweier von ihnen genannt, der topographischen Breitbildkamera KATE 140 und der Multispektralkamera MKF 6M.

Konstruktionsmäßig besteht die Kamera KATE 140 (technische Daten sind in der Anlage II angeführt) aus folgenden Hauptbaugruppen: dem Kameragrundkörper, einer Kassette mit Filmtransportmechanismus, einer Vakuumpumpe zum Andrücken und Glätten des Films während der Belichtung und einem Steuerpult. Um die Betriebssicherheit zu steigern, sind alle Hauptbaugruppen der Ka-

wässer des Pazifiks und des Ochotskischen Meeres wurden im Februar 1978 fotografiert, als ein schlagartiger Kälteeinbruch zu derartig schweren Eisverhältnissen zwischen den Kurilen und dem Festland führte, daß Sofortmaßnahmen ergriffen werden mußten, um viele Schiffe aus der Gefangenschaft des Eises zu befreien. Die Aufnahme zeigt anschaulich, wie deutlich aus dem Orbit die Besonderheiten des Zufrierens von ausgedehnten Weiten zu erkennen sind, was unter Umständen den optimalsten Weg aus der eisigen Umklammerung finden läßt.

Ein anderer wichtiger Aspekt beim Studium der Eisverhältnisse im Ozean ist die Ortung von Eisbergen und die Überwachung ihrer Migration. Schwimmende Eisschollen heben sich üblicherweise sogar bei Bewölkung recht gut vom Hintergrund ab, weil sie heller als die Wolken sind, die wegen der gegenseitigen Überschattung eine schwache graue Schattierung erhalten.

Die Beobachtungen der Kosmonauten und die Orbitalaufnahmen beweisen häufig, daß die Eisberge Hunderte Kilometer nördlich von der Grenze erscheinen, die auf den Navigationskarten üblicherweise die maximale Ausbreitung des schwimmenden Eises aus der Antarktis bezeichnet.

Mehrere größere driftende Eisschollen im Südatlantik standen vom Dezember 1977 bis zum Mai 1981 unter Beobachtung. Festgestellt wurden die Migrationswege der Eisberge und die Dynamik ihrer Auflösung.

Von Bord einer Orbitalstation ist es möglich,

die Erdoberflächen auf einer Entfernung von etwa 2000 km von der Stationsumlaufbahn zu überblicken. Die Kosmonauten führten mehr als 150 Einzelbeobachtungen durch, um die höchstmögliche Entfernung glazialer Objekte zu finden. Sie stellten dabei fest, daß größere driftende Eisschollen auf eine Entfernung bis zu 1000 km erkannt werden können.

Die Abbildung 74 zeigt das Foto einer großen treibenden Eisscholle an der Bouvetinsel im Südatlantik. Ihre Bewegung und allmähliche Auflösung wurde aus dem Orbit im Laufe von sechs Jahren studiert. Die von Kosmonauten und Wissenschaftlern gesammelten zahlreichen und sehr interessanten Angaben können für die Hydrologen von Interesse sein, die sich mit dem Problem der Nutzung dieser gigantischen natürlichen Trinkwasserspeicher in solchen Industriestaaten, wo die Wasserkrise bereits heute zu spüren ist, beschäftigen.

Viele wirtschaftlich wichtige Informationen über die Eisverhältnisse werden von automatischen SpeziaSatelliten, darunter von den Satelliten der Serie „Meteor“, abgerufen, die regelmäßig Eisberichte über die Situation auf dem Nördlichen Seeweg übertragen.

Beim Studium des Weltmeeres führten die Kosmonauten (beispielsweise W. W. Kowaljonok) eine ganze Reihe wichtiger Beobachtungen der Verschiedenartigkeit des Ozeans durch. Sie erkannten deutlich die – stellenweise stufenartige – Hebung und Senkung des Wassers in einigen Gebieten des Weltmeeres. Eine Erklärung für dieses Phänomen gibt es vorerst nicht.

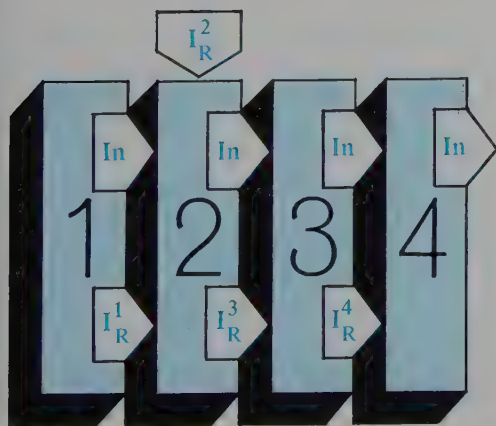


Abb. 264. Das verallgemeinerte Informationsmodell eines kosmischen Systems zur Fernerkundung der Naturressourcen

mera sowie deren wichtigste Vorrichtungen mit autonomen Antriebsmechanismen versehen.

Das Breitwinkelpräzisionsobjektiv Rus-sar 43 der Kamera KATE 140 ermöglicht es, Aufnahmen von hoher Qualität für die topographische Kartierung zu gewinnen. Im Bildfeld werden Rahmenmarken sowie Markierungen zur Berücksichtigung der Deformation des Filmmaterials abgebildet. Um die Aufnahmezeit und die Zahl der gemachten Aufnahmen zu registrieren, zeigt das Foto auch die Abbildung einer Uhr und eines Bildzählwerkes. Die Aufnahme erfolgt mit einem 190 mm breiten Film. Das Bildformat ist 180 mm × 180 mm groß. Bei

Abb. 73. Diese Orbitalaufnahme zeigt die zu den Kurilen gehörende und an der Grenze zwischen dem Ochotskischen Meer und

dem Stillen Ozean liegende Insel Iturup. Im Westen sind Iturup und das angrenzende Gewässer mit einem Eispanzer bedeckt. Auf dem rechten

unteren und dem linken oberen Teil der Aufnahme sind strahlströmungsförmige Eisfelder mit eisfreien Stellen zu sehen. Der

obere Teil der Aufnahme zeigt Wolken. Regelmäßige Orbitalaufnahmen von Meeren, die das Territorium der UdSSR umspülen, liefern die



erforderlichen
Informationen zur
präziseren Bestimmung
der Navigationszeit und
zur Optimierung des
Einsatzes von Eisbrechern.

Abb. 74. Diesen großen
Eisberg bemerkten
Kosmonauten im
Südatlantik nahe der
Bouvetinsel. Dank der
sehr hellen Oberfläche

leuchtet die Eisscholle
durch den dichten
Wolkenschleier hindurch.
Derartige Fotos werden
regelmäßig von
sowjetischen

Kosmonauten
zur Erde gebracht.



Abb. 75. Die Entstehung von Wolken über Koralleninseln in der Äquatorzone des Weltmeeres – eine wenig untersuchte Erscheinung.

Die Kosmonauten bemerkten auch eine Reihe interessanter Besonderheiten, die mit den Strömungen zusammenhängen, darunter räumliche Systeme von der Art der Strukturgeflechte; charakteristische Wolkengebilde, von denen die



einer Flughöhe von 350 km beträgt die Größe des aufgenommenen Territoriums 450 km \times 450 km. Eine Aufnahme erfaßt somit eine Fläche von mehr als 200 000 km².

Die Kamera KATE 140 kann sowohl durch Kosmonauten als auch mittels Funkkommandos der Bodenstellen bedient werden.

Die Multispektralkamera MKF 6M ist von Spezialisten der UdSSR und der DDR entwickelt und im VEB Carl Zeiss Jena (DDR) gebaut worden. Sie stellt eine Weiterentwicklung der Kamera MKF 6 dar, die im sowjetischen Raumschiff Sojus 22 zum Einsatz kam.

Die MKF 6M (technische Daten sind in

der Anlage III angeführt) eignet sich zum Fotografieren in sechs Spektrumbereichen auf Wellenband 0,46–0,86 Mikron. Bei vier Kanälen der Kamera werden üblicherweise isopanchromatische Schwarzweißfilme und bei zwei Kanälen Infrarotfilme verwendet. Die MKF 6M besteht aus dem Kameragrundkörper mit sechs Objektiven vom Typ Pinatar 4/125, einer Vorrichtung zur Bewegungskompensation (die Orbitalstation fliegt mit einer Geschwindigkeit von mehr als 7 km/s, wodurch die Fotoaufnahmen verschwommen wiedergegeben werden können); dem Kassettenteil (sechs Kassetten) mit Filmtransportmechanismus; dem Steuerpult, das sowohl

Strömungen stets begleitet werden; Wirbelstrukturen, die an die Wirbelbildungsprozesse in der Atmosphäre erinnern. Die Untersuchung ähnlicher Erscheinungen gestattet es, die Wetterbildung unter einem neuen Gesichtswinkel zu betrachten und die Grundursache vieler Atmosphärenprozesse als Folge der Wechselwirkung zwischen Ozean und Luft-hülle der Erde zu studieren. Die Abbildung 75 veranschaulicht, wie die Inseln mit Korallenriffen die Bewölkung über dem Ozean beeinflussen.

In den letzten Jahren wird im Weltmeer immer intensiver nach Erdöl, Erdgas und anderen mineralischen Rohstoffen gesucht. Das gilt vorwiegend für die Schelfzone (Küstengewässer mit Tiefen bis 200 m). Deshalb ist die Untersuchung des Schelfs (Festlandsockel) aus dem Kosmos von so großer Bedeutung.

Kein anderes Land der Welt hat einen derart ausgedehnten Schelf wie die Sowjetunion. Seine Gesamtfläche beträgt etwa 8,5 Millionen Quadratkilometer. Deshalb gehört die Schelfuntersuchung aus dem Orbit praktisch zu allen Programmen geokosmischer Forschungen, die von sowjetischen Raumfahrtapparaten und Orbitalstationen aus vorgenommen werden. Studiert werden das Relief des Meeresgrundes und sein geologischer Aufbau, die Flußanschwemmungen, Pflanzenverbreitungsgebiete usw. Auswertungsergebnisse kosmischer Informationen und die Angaben hydrographischer Arbeiten helfen beim Zusammenstellen von Fotoplänen, topographischen Bodenreliefkarten

und bathymetrischen Navigationskarten. Kosmische Aufnahmen und Fotogramme dienen zum Studium des Bodenreliefs, der Geomorphologie des Meeresgrundes, seiner geologischen Formationen und einzelner Bodenarten. All diese Informationen kommen nicht nur der Gewinnung von Bodenschätzen, sondern auch dem Führen von Schiffen, der Projektierung und der Errichtung ingenieurtechnischer Anlagen zugute.

Die kosmische Untersuchung des Weltmeeres ist also ein grundsätzlich neuer Schritt des Menschen bei der Erkenntnis seiner Umwelt. Ein wahres Bild von der Wasserwelt im Erdmaßstab kann ohne die Raumfahrt nicht gewonnen werden. Die praktische Anwendung kosmischer Informationen über das Weltmeer leistet einen wichtigen Beitrag zur Lösung ökonomischer und ökologischer Probleme.

Besonders ist hervorzuheben, daß die Untersuchung des Weltmeeres, das nicht den einzelnen Ländern, sondern der gesamten Menschheit gehört, zur möglichen Arena einer umfassenden internationalen Zusammenarbeit werden könnte. Ein Beispiel dafür ist die komplexe Untersuchung der Ozeanosphäre durch Spezialisten von zehn sozialistischen Ländern mit Hilfe der Orbitalstation Salut 6 im Rahmen des Programms „Biosphäre“. Die gemeinsamen Anstrengungen der Wissenschaftler auf dem Gebiet der kosmischen Ozeanologie schaffen Voraussetzungen für die allseitige Erschließung der Weltmeerressourcen, ohne deren Nutzung die Menschheit nicht auskommt.

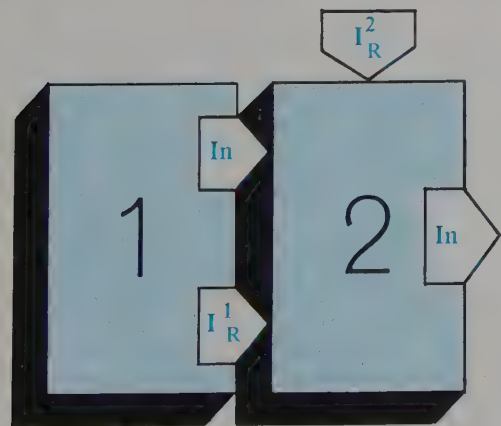


Abb. 265. Informationsmodell visueller Beobachtungen der natürlichen Umwelt aus dem Weltraum

zur Betriebssteuerung der Kamera als auch zum Einstellen der Belichtungszeit, des Überdeckungsgrades und der Bewegungskompensation (entsprechend der Flughöhe) dient, sowie aus dem Reservesteuerpult. Die hohe Zeitäquivalenz der Kommandoimpulse für alle sechs Kanäle der MKF 6M sichert die Übereinstimmung ihrer Abbildungen.

Für die Bearbeitung der mit Hilfe der MKF 6M gemachten Aufnahmen wurden im VEB Carl Zeiss Jena multispektrale Farbmischprojektoren MSP 4 hergestellt. Mit diesem optischen Gerät können aus vier zur Verfügung stehenden Spektralaufnahmen fünffach vergrößerte Farbmisch-

IM INTERESSE DER GLAZIOLOGIE

Schneedecke und Vergletscherung spielen im Leben der Erde eine wichtige Rolle. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, daß im Winter etwa 80 Mill. km² Festland auf der nördlichen Halbkugel und 40 Mill. km² auf der südlichen Halbkugel mit Schnee bedeckt sind, während die Eismenge der Erde ein Volumen von fast 30 Mill. km³ erreicht, was zwei Drittel aller Süßwasservorräte ausmacht. So viel Wasser könnten alle Flüsse des Erdballs im Laufe von 700 Jahren tragen. Die Gletscher bedecken etwa elf Prozent des Festlandes, das Grundeis nimmt rund 14 Prozent ein, während mehr als sieben Prozent der Weltmeeroberfläche mit Eis bedeckt sind.

Der Bedarf der Volkswirtschaft vieler Staaten an laufenden Informationen über die Schnee- und Eisverhältnisse nimmt ständig zu. In dürrgefährdeten Gebieten hängt die Wirtschaftstätigkeit beispielsweise von der Abflußmenge der Bergflüsse ab, die in hohem Maße vom Schmelzwasser des Hochlandschnees und -eises gespeist werden. In den mittleren Breiten sind Ausbildung bzw. Verschwinden der Schneedecke bestimmend für den Zeitraum der landwirtschaftlichen Arbeiten. In den nördlichen Gebieten wird die Schiffsfahrtsperiode vom

Zufrieren der Flüsse beeinflusst. Das Wissen um die Eisverhältnisse und die Treibwege von Eisbergen erhöht die Sicherheit und Effektivität der Schifffahrt.

In der Glaziosphäre (Kryosphäre) der Erde sind riesige Kälteverräte konzentriert, mit denen die Klimaschwankungen zusammenhängen. Auch der Spiegel des Weltmeeres hängt von der Beschaffenheit der Glaziosphäre ab. Sowjetische Glaziologen haben beispielsweise errechnet, daß das Auftauen aller Gletscher der Erde unter dem Einfluß der Wärmeenergie der Industrie oder des von ihr ausgelösten „Treibhauseffekts“ den Meeresspiegel um mehr als 60 m heben würde.

Die globale Bedeutung der Natureisverräte macht eine laufende Sammlung glaziologischer Informationen notwendig. Die ständige Überwachung der Schnee- sowie Eisverhältnisse in ausgedehnten und schwerzugänglichen Gebirgsgegenden, in der Antarktis und in kalten Teilen des Weltmeeres ist jedoch nur mit Hilfe der kosmischen Fernkontrolle möglich. Alle anderen Methoden, einschließlich der Luftaufnahmen und eines Netzes von hydrologischen Posten und Wetterstationen, erweisen sich als wenig effektiv.

bilder synthetisiert werden. Den Projektor kann man auch für die visuelle Analyse der Abbildungen unmittelbar auf einem Bildschirm verwenden.

Beim Fotografieren von Bord bemannter Raumschiffe und Orbitalstationen werden recht oft Handkameras benutzt. Die Kosmonauten fotografierten mit diesen Kameras in der Regel während der visuellen Beobachtung der Erdoberfläche (technische Daten von zwei solchen Handkameras sind aus der Anlage IV ersichtlich).

Von selbständiger Bedeutung sind die visuellen Beobachtungen der natürlichen Umwelt aus dem Weltraum. Diese Bedeutung wird am verallgemeinerten Informa-

tionsmodell von KS UNR (Abb. 264) verdeutlicht. In diesem Modell präsentiert sich KS UNR als ein System zur Gewinnung von Informationen über das zu untersuchende Objekt, zur Umwandlung dieser Informationen in die erforderliche Form und zu ihrer Weiterleitung an den Nutzer. Das Informationsmodell besteht aus folgenden Hauptstrukturelementen (Blöcken):

1) natürliche (manchmal anthropogene) Objekte als Informationsquellen. Dieses Strukturelement umfaßt dabei nicht nur das Ziel der Untersuchung darstellende Objekte, d.h. die Quellen der eigentlichen Information, sondern auch Objekte, die uns bei der Lösung der gestellten Aufgabe nicht

Abb. 76. So sieht das Pamir-Alai-Gebirge aus dem Seitenfenster der Orbitalstation Salut 7 aus. Dort, im Becken der Flüsse Serawschan und

Wachsch, sind die größten Gletscher auf dem Territorium der Sowjetunion konzentriert. Seit Beginn des Orbitaleinsatzes der

Laboratorien vom Typ Salut dient dieses Gebiet als Haupttestabschnitt, wo Methoden der kosmischen Glaziologie erprobt werden. Auf dem Bild:

Ein Panorama des Pamir-Alai-Gebirges



interessieren, d.h. Quellen des Informationsrauschens;

2) Bordempfänger (Foto- und Fernsehkameras u. a.) der reflektierten Strahlung bzw. der Eigenstrahlung der natürlichen Objekte (NO). Diese Strahlung enthält verschlüsselte Informationen über den Zustand dieser Objekte;

3) Block zur Informationsbearbeitung (chemisch-fotografische Filmbearbeitung, Sichtbarmachung von Magnetbandaufzeichnungen u. a.);

4) Dechiffrierblock, der die Operationen der Dechiffrierung, der visuellen oder automatisierten Erkennung u. a. ausführt. Dieser Block liefert die nützlichen

Informationen, d.h. die Informationen über das zu untersuchende Objekt, während das Desinformationsrauschen ausgefiltert wird.

Das System liefert nützliche Informationen (In), deren Quelle das zu untersuchende natürliche Objekt ist. Diese Informationen passieren die Blöcke 2–3–4, wobei sie aus der einen Form in die andere (elektromagnetische Strahlung, Magnetbandaufzeichnung u. a.) umgewandelt werden, jedoch eine Invariante dieser Umwandlung darstellen.

Durchlaufen die Informationen diese Umwandlungskette (Blöcke), werden sie vom Desinformationsrauschen überlagert, dessen Hauptquellen sind:

Abb. 77. Das Gebiet des ewigen Schnees am Oberlauf des Fedtschenko-Gletschers im Pamir. Mit Hilfe von Orbitalaufnahmen wird

die Eisakkumulation ermittelt. Auf dem vorigen Bild kann man dieses Gebiet im Vordergrund sehen, wo der helle breite Fedtschenko-Gletscher die

Richtung seiner Bewegung jääh ändert.

im Pamir. Die Bergspitze leuchtet in der Mitte des vorigen Bildes durch die Wolken hindurch.

Abb. 78. Große Gletscherspalten am Fuße des Piks Kommunismus



Das Wissen um den Zustand und die Veränderungen in der Glaziosphäre ist für die Modellierung vieler Naturvorgänge unerlässlich. Besonders aktuell ist die Schaffung eines Modells der Wechselwirkung zwischen Atmosphäre, Weltmeer und Glaziosphäre der Erde. Es liegt auf der Hand, daß jedes konkrete Experiment des Glaziologen und Raumfahrt-spezialisten einen Beitrag zur Schaffung eines solchen Modells leistet.

In der Sowjetunion wird die Erforschung der Schnee- und Eisdecke aus dem Weltraum in mehreren Richtungen durchgeführt. Obwohl

ihre scharfe Abgrenzung schwerfällt, seien hier die wichtigsten von ihnen genannt: Studium der Schnee- und Eisvorkommen der Erde; Untersuchung der Gletscherschwankungen und der Dynamik schneller Gletschervorstöße; Optimierung der Boden-, Luft- und Raumfahrtbeobachtung von Schnee und Eis.

Die Erfahrungen zeigen, daß die Wirksamkeit jedes beliebigen Experiments der kosmischen Glaziologie voll und ganz von drei Faktoren abhängt: von der Quantität und Qualität gewonnener Orbitalaufnahmen und den Angaben visueller Beobachtungen der Kos-

[I_r^1] – das Rauschen, dessen Ursache das Vorhandensein „fremder“ natürlicher Objekte und Erscheinungen in dem zu untersuchenden Raum ist (Schneedecke, Vegetation u. a.);

[I_r^2] – das Rauschen, dessen Ursache die Atmosphäre ist (Bewölkung, Dunst, Spektralstörungen u. a.);

[I_r^3] – das Rauschen der Bordapparatur (im Block 2): Störungen, die u. a. von Objektiven, Lichtfiltern, Fotofilmen, Fernsehkameras herrühren;

[I_r^4] – das Rauschen, dessen Ursache die Bearbeitung der Fotomaterialien und ähnliche Prozesse sein können.

Diese Formen des Rauschens beein-

trächtigen den Informationsgehalt der Aufnahmen und die Zuverlässigkeit der Dechiffrierung, d. h. sie verringern den vom System gelieferten Umfang nützlicher Informationen.

Das Informationsmodell visueller Beobachtungen (Abb. 265) ist allem Anschein nach ein Sonderfall des verallgemeinerten Modells.

Ein Vergleich des verallgemeinerten Informationsmodells und des speziellen Modells der visuellen Beobachtungen zeigt, daß im letztgenannten Modell die Blöcke 2,3 und 4 in einem Block (2), dem Sehanalysator des Menschen, dem System Auge-Gehirn, zusammengefaßt sind. Hier fehlen [I_r^3] und

monauten; vom Ausbildungsstand der Raumfahrer im Rahmen des glaziologischen Programms; vom Umfang synchroner und quasysynchroner Luft- und Bodenbeobachtungen und entsprechender Aufnahmen von ausgewählten Testabschnitten.

Unter zahlreichen Richtungen der kosmischen Naturerkundung unterscheiden sich die glaziologischen Untersuchungen von den anderen durch die relative Einfachheit ihrer Methoden, weil die Hauptobjekte der Untersuchung auf der Erdoberfläche liegen und sich von der sie umgebenden Landschaft scharf abheben. Die Abbildung 76 illustriert, wie das Pamir-Alai-Gebirge aus einer Höhe von 350 km aussieht. Gegen den blendend weißen Hintergrund gleichartiger Struktur stechen Firnfelder ab, während unterschiedliche Schattierungen grauer, brauner und stählerner Farbe auf schneefreie Eisabschnitte hinweisen. Sichtbar sind an den Gletschern die Mittelmoränenzüge, die geschlossene und unterbrochene Moränendecke, unter der sich die Zungen vieler Gletscher verstecken, sowie einzelne größere Seen und Thermokarsttrichter.

Die Bodenaufnahmen 77 und 78 wurden am gleichen Tag gemacht, als der Kosmonaut W. W. Kowaljonok das Pamir-Alai-Gebirge beim Überfliegen des Länderdreiecks fotografierte, das die Staatsgrenzen der UdSSR, der VR China und Afghanistans bilden (Abb. 76). Auf der ersten dieser Aufnahmen ist der Oberlauf des Fedtschenko-Gletschers zu sehen. Auf dem kosmischen Bild kann man den Glet-

scheroberlauf am unteren Rahmen, wo ein breiter Eisstrom beginnt, leicht erkennen. Beim Vergleich dieser Aufnahmen fällt auf, daß das kosmische Foto die morphologischen Besonderheiten jedes Gletschers ausreichend vollständig wiedergibt.

Auf dem zweiten auf der Erde aufgenommenen Foto (Abb. 78) heben sich deutlich ein Gletscherbruch und ein tiefer Bergschrund am Beginn des Abhangs ab. Auf einem kosmischen Bild sieht in der Regel ein Gletscherbruch wie ein dunklerer Fleck und ein größerer Bergschrund wie eine dunkle Linie aus, die erst bei starker Bildvergrößerung hervortritt.

Studium der Schnee- und Eisvorkommen der Erde

Mit der zunehmenden Wirtschaftstätigkeit und der Erschließung neuer Gebiete wächst die Rolle der Schnee- und Eisvorkommen unseres Planeten. Berechtigt wäre die Frage: Wie groß sind diese Ressourcen in der einen oder anderen Region?

In der Sowjetunion ist der Wassermangel in der Regel in solchen Trockengebieten akut, deren Wasserhaushalt von den Flüssen der benachbarten hohen Berge gespeist wird. Aus diesem Grunde ist in unserem Land ein „Katalog der Gletscher der UdSSR“ zusammengestellt worden, der aus 111 Bänden besteht. In der letzten Etappe dieser Arbeit machte sich die Hilfe der Raumfahrttechnik notwendig. Heute und in den kommenden Jahrzehnten sind die

$[I_r^4]$ mit ihrer desinformierenden Einwirkung.

Bekanntlich enthält das Signal desto mehr nützliche Informationen (In), je höher das Verhältnis Signal/Rauschen (P) ist:

$$P = \frac{I_n}{I_r},$$

wobei $[I_r]$ den Rauschpegel bedeutet.

Die Abbildung 264 zeigt, daß am Eingang des Blocks 2 (des Empfängers der elektromagnetischen Strahlung) ein Signal gelangt, das aus drei Komponenten besteht: dem nützlichen Signal (In), dem Rauschen (I_r^1), verursacht durch „fremde“ natürliche Gebilde in dem zu untersuchenden Gebiet,

und dem atmosphärischen Rauschen (I_r^2). Dementsprechend sieht das Verhältnis Signal/Rauschen am Eingang des Blocks wie folgt aus:

$$P_1 = \frac{I_n}{I_r^1 + I_r^2}$$

Am Eingang des Blocks 3 (Block der Informationsverarbeitung) werden $[I_r^1]$ und $[I_r^2]$ durch $[I_r^3]$, das Rauschen der Bordapparatur, ergänzt. Das Verhältnis ist dann:

$$P_2 = \frac{I_n}{I_r^1 + I_r^2 + I_r^3}$$

Bei der Informationsverarbeitung

Abb. 79. Das Issyk-Kul-Becken (auf der Aufnahme rechts oben) und der Son-Köl-See (unten) sind von den Gebirgsketten des

Nördlichen und des Inneren Tienschan umgeben. In diesem Gebirge sind bedeutende Schnee- und Eismengen konzentriert.

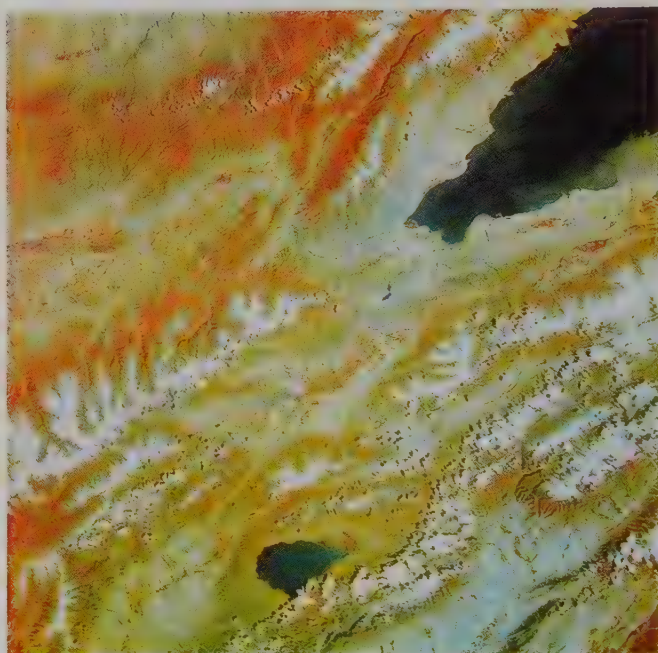


Orbitalinformationen über die Gletscher in der Sowjetunion für eine Präzisierung ihrer Grenzen, Morphologie und Wasserabgabekapazität erforderlich.

Die Abbildungen 79 und 80 veranschaulichen, wie kosmische Aufnahmen das Auffinden

Abb. 80. Diese synthetisierte kosmische Farbaufnahme desselben Gebiets ist aus einem Farbfilm und drei schmalspektralen

Schwarzweißfotos angefertigt worden. Die Aufnahmen wurden mit FMS-Apparaten gewonnen, die gewährleisten, daß alle



von Schneeschmelzegebieten im Hochland ermöglichen. Jede von ihnen zeigt denselben Teil des kirgisischen Territoriums am Issyk-Kul-See. Der Unterschied besteht lediglich darin, daß das erste Bild von einem Farbumkehrfilm stammt, während das zweite mit Hilfe von Farbfiltren aus

kommt im Block 3 das zusätzliche Rauschen $[I_r^4]$ auf. Dann drückt sich das Signal am Eingang des Endblocks 4 (Dechiffrierung) in der Formel aus:

$$P_{\text{Aus.}}^{\text{Syst.}} = \frac{I_n}{I_r^1 + I_r^2 + I_r^3 + I_r^4}$$

Für das Informationsmodell der visuellen Beobachtungen (VB) wird das Ausgangssignal nur durch das Rauschen der I_r^1 und I_r^2 belastet. Es ergibt sich die folgende Formel:

$$P_{\text{Aus.}}^{\text{VB}} = \frac{I_n}{I_r^1 + I_r^2}$$

Es liegt auf der Hand, daß

$$P_{\text{Aus.}}^{\text{VB}} > P_{\text{Aus.}}^{\text{Syst.}}$$

Also wird auch die Zuverlässigkeit (Glaubwürdigkeit) beim Erkennen der zu untersuchenden natürlichen Objekte höher sein (falls die übrigen Bedingungen gleich sind).

Unbestreitbar weist die Untersuchung der Naturressourcen der Erde unter Verwendung von Foto- und Fernsehregistriersystemen spezifische positive Besonderheiten bei der Lösung einer ganzen Reihe von Aufgaben (beispielsweise bei der Kartierung) auf. Das hängt damit zusammen, daß sich der Inhalt des Begriffs „nützliche Information“ bei verschiedenen Aufgaben ändert. Bei vielen Auf-

vier Abbildungen exakt synchron sind.

Abb. 81. Im Lager einer Glaziologenexpedition, die in der Nähe des

Issyk-Kul-Beckens satellitengestützte Untersuchungen an einem Tienschan-Gletscher durchführt.



Abb. 82. Glaziologischer Testabschnitt am Inyltschek-Gletscher und an den Abhängen des Bergrückens Sarydshas. Mit Hilfe von

Orbitalaufnahmen werden hier die Besonderheiten des saisonbedingten Verlaufs der Schneegrenze untersucht.



drei geometrisch gleichen kosmischen Schwarz-weißaufnahmen synthetisiert wurde und enge Spektralzonen von 500 bis 600 nm, 600 bis 700 nm und 700 bis 850 nm widerspiegelt. Natürlich ist es ein Bild mit unnatürlichen Farben: Wald und Sträucher können rot (wie auf

Abb. 80) und die sonnenversengte Halbwüste grün erscheinen. Doch nicht darauf kommt es an. Nicht die richtige Farbwiedergabe, sondern möglichst auffallende Farbkontraste sind wichtig.

Auf der Abbildung 79 hebt sich die Schnee-

gaben durchlaufen die Informationen (In) die ganze Kette der Umwandlung ohne nennenswerte Verluste und Verzerrungen und lassen sich in der letzten Etappe (beim Dechiffrieren) trotz aller erwähnten Rauschformen einwandfrei identifizieren. Es gibt aber bestimmte Aufgaben, die wegen der zu hohen Informationsverluste nur bei visueller Beobachtung gelöst werden können. Dabei nutzt man folgende spezifische Qualitäten des Systems „Auge-Gehirn“ als Empfänger und Analysator von Bildinformationen.

Erstens ist das Auge als Informationsempfänger ein recht vollkommenes Instrument (siehe Anlage V). Die Brennweite des optischen Systems des Auges beträgt

22,78 mm, wenn sich die Augenlinse in Ruhe befindet. Bei maximaler Akkommodation sinkt sie auf 18,03 mm.

Zweitens ist das Auge imstande, mehr als eine Million Farbschattierungen zu unterscheiden. Allerdings setzt das eine besondere Ausbildung der Kosmonauten voraus, die diese einmaligen Eigenschaften erst in vollem Maße realisieren kann.

Eine Reihe von Programmen der visuellen Beobachtungen aus Raumstationen betraf die Untersuchung natürlicher Objekte unter Verwendung von Farbatlanten. In der Station Salut 6 arbeiteten die Kosmonauten beispielsweise mit Atlanten für 196 und 1000 Farben. In Salut 7 kam das

und Eisdecke im Hochgebirge durch gleichmäßig weiße Farbe ab, während auf der Abbildung 80 der hellgrüne Rand im Vergletscherungsgebiet auf solche Abschnitte der Berghänge hinweist, wo während der Aufnahme die Schneeschmelze in vollem Gange war. Wenn die kosmischen Aufnahmen vor dem Synthetisieren entzerrt werden, damit das Bild der Kartenprojektion entspricht, wird es möglich sein, die Fläche der Schneeschmelze zu messen.

Bevor aber ein solches Verfahren in die allgemeine Forschungspraxis eingeführt werden kann, müssen umfangreiche Arbeiten an ausgewählten Testabschnitten im Hochgebirge durchgeführt werden. In den Bergen Kirgisiens beispielsweise laufen derartige Untersuchungen im Raum des Piks Chan-Tengri, der unweit vom Issyk-Kul-See liegt. Die Abbildung 81 vermittelt eine Vorstellung vom Aussehen dieses Gebirgslandes. Das Foto stammt vom August, als ein Hubschrauber eine Gruppe von Wissenschaftlern als Ablösung zur Kontrollstelle in einer Höhe von mehr als 4000 m über dem Meeresspiegel flog. Die Abbildung 82 zeigt, wie im Hochsommer die Schneegrenze im Gebirge aussieht. Im Vordergrund sehen wir ein einmaliges Naturobjekt – einen Gletschersee mit Eisbergen –, der sich regelmäßig mit Wasser füllt, um sich dann über subglaziale Kanäle zu leeren. Dieser See ist nach dem deutschen Glaziologen Gottfried Merzbacher benannt worden, der als einer der ersten Wissenschaftler dieses Naturphänomen beschrieben hat. Mit Hilfe von kosmischen Aufnahmen läßt sich das hydrolo-

Abb. 83. Testabschnitt, wo mit Hilfe kosmischer Aufnahmen die Dynamik der Schneeschmelze und des Eisgangs in Mittelußland untersucht wird.

Abb. 84 (rechts). Blick aus dem Weltraum auf den Elbrus und auf einen angrenzenden Abschnitt des Großen Kaukasus.



gische Regime dieses Sees und ähnlicher Gewässer leicht kontrollieren.

Im Unterschied zu Gebirgsgegenden, wo sich die Schneegrenze vorwiegend senkrecht hinzieht, verläuft sie in der Ebene oder in einem schwach durchschnittenen hügeligen Gelände im Früh-

visuelle tragbare Fernkolorimeter Zwet 1 zum Einsatz. Dabei wurden mehrere Farbparameter natürlicher Objekte gewonnen und qualitative Abhängigkeiten der Farbe vom Winkel der Sonneneinstrahlung und vom Visierwinkel registriert.

Wichtige Vorzüge hat das Auge beim Unterscheiden minimaler Kontraste, insbesondere unter den Bedingungen mangelhafter Beleuchtung, sowie bei der Farbanalyse der zu untersuchenden Objekte. Auch darf nicht vergessen werden, daß ein mit einem optischen Gerät (Entfernungsmesser oder Fernglas) ausgerüstetes menschliches Auge aus 300 bis 350 Kilometern Höhe Objekte mit dem Durchmesser von wenigen Metern

erkennen kann. Dank all dieser Eigenschaften kann das Auge einen größeren Umfang von Informationen über natürliche Objekte empfangen als ein Fotofilm, der nicht imstande ist, zahlreiche Feinheiten von hohem Informationswert zu registrieren.

Der Hauptvorteil des Auges als Empfänger elektromagnetischer Strahlung besteht in den Eigenschaften des Sehanalysators des Menschen, d. h. des Systems „Auge-Gehirn“.

Dieses System ist fähig, nützliche Informationen sowohl bei deren Mangel als auch bei deren Überfluß zu gewinnen. Denn der Mensch kann bei Informationsmangel nach einzelnen Anzeichen eine ganzheitliche Vorstellung von einem Objekt oder einer



Abb. 85. Lawinenherde am Berghang. Der sich wiederholende Niedergang von Schneemassen wurde für systematische synchrone Luft- und

Kosmosaufnahmen des Hangs und seines Fußes benutzt, um die Anzeichen der Entstehung von Lawinenherden auf Orbitalfotos zu erkennen.



ling dynamisch in horizontaler Richtung. Kosmische Aufnahmen bieten die Möglichkeit, die Dynamik der Schneeschmelze und der Bildung der Schneedecke auf großen Flächen ununterbrochen zu verfolgen. Derartige Informationen sind wichtig für die Prognoseeinschät-

Erscheinung rekonstruieren. Auch kann er das gesuchte Signal bei intensiven Störungen finden. All das hängt in erster Linie damit zusammen, daß das menschliche Hirn rationale Entscheidungen unter den Bedingungen der Ungewißheit modellieren und fassen kann, d. h. dann, wenn ein mathematisches Modell des zu untersuchenden Systems fehlt und die Informationen über dieses System spärlich sind.

Untersuchungen der Psychophysiologie der Sehkraft beweisen, daß die visuell wahrgenommenen Hauptinformationen in der Regel in Bildumrissen enthalten sind. Das Auge reagiert besser auf Kontraste, d. h. auf primäre Ableitungen, möglicherweise aber

Abb. 86 und 87. Unten und auf der vorhergehenden Seite ist die Südpatagonische Eiskappe abgebildet. Die Geographen nennen diese

Region ein „Land der Stürme“, die Kosmonauten ein „Land der Fjorde und Gletscher“.

zung der Wasseransammlung und für die Bestimmung von Fristen verschiedener landwirtschaftlicher Arbeiten. Die Abbildung 83 zeigt einen Testabschnitt entlang eines Flusses in Mittelrußland, den die Kosmonauten regelmäßig im Frühling beobachteten.

In den Bergen stürzen große Schnee- und Eismassen als Lawinen auf die Gletscher und auf niedrigere hypsometrische Ebenen, wo sich Wälder, Straßen und Erholungszentren befinden. Daher ist die Zusammenstellung eines Lawinengrundbuchs für besiedelte Gegenden sowohl für die Vorhersage dieser gefährlichen Naturerscheinung als auch für die Erfassung der Tauwasservorräte im Lawinenschnee erforderlich, denn der größere Teil des Lawinenschnees taut zur warmen Jahreszeit allmählich auf und speist die Flüsse zu einer solchen Zeit mit Wasser, wenn in der Nachbarschaft bereits kein Schnee mehr liegt.

Die Abbildung 84 veranschaulicht die Schnee-Verhältnisse im Bergmassiv Elbrus des Großen Kaukasus. Zahlreiche Lawinenbahnen heben sich wie helle Streifen an dunklen Hängen und in Form von Schneeablagerungen am Fuß des Bergrückens deutlich heraus. Die Abbildung 85 ist eine Illustration dafür, wie der Herd einer großen Lawine an einem Berghang aussieht.

auch auf höhere Ableitungen. Dabei wird die visuelle Information nicht sofort ans Gehirn weitergeleitet, sondern zum Teil in der Netzhaut des Auges durch die Kombinierung der Information mehrerer visueller Rezeptoren verarbeitet. Bei der Übertragung der Abbildung von der Netzhaut ans Gehirn erfolgt eine Betonung der Bildumrisse. Eine solche Verarbeitung macht die wahrgenommene Abbildung widerstandsfähiger gegenüber möglichen Störungen, was es erlaubt, die Informationsschwemme einzudämmen, bei der das Wichtige durch das Nebensächliche beeinträchtigt wird. Das Auge filtert also das Signal heraus, trennt dessen nützlichen



Inhalt vom Rauschen und erhöht auf diese Weise das Verhältnis Signal/Rauschen.

Das System „Auge-Gehirn“ filtert also das Rauschen I_1^2 wirksam heraus, das vom Vorhandensein von Objekten herrührt, die sich auf dem zu untersuchenden Abschnitt der Erdoberfläche befinden, für die Lösung der gestellten Aufgabe aber uninteressant sind. Einen wesentlichen, manchmal sogar ausschlaggebenden Beitrag leistet in diesem Fall die Spezialausbildung der Beobachterkosmonauten auf dem Gebiet der Naturerkundung.

Durch die Analyse der Aufnahmeverhältnisse kann der Mensch darüber hinaus das atmosphärische Rauschen I_1^2 wirksam

filtern. Als Beispiel einer solchen Filterung kann das Erkennen des Objekts durch atmosphärischen Dunst bzw. dünne Bewölkung dienen.

Eine wichtige Kenngröße von KS UNR als Informationssystem ist dessen Schnelligkeit, die zwei Aspekte aufweist. Erstens die Gewinnung von Angaben über die zeitliche Veränderlichkeit des zu beobachtenden Objekts. Derartige Angaben ergeben sich infolge wiederholter Beobachtungen in vorgegebenen Zeitintervallen, die für Objekte verschiedener Typen spezifisch sind. Zweitens die frühzeitige Versorgung des Nutzers mit Informationen. Für diese beiden Aspekte sind die visuellen Beobach-

Abb. 88.
Interpretationsschema
kosmischer Bilder der
Südpatagonischen
Eiskappe

- | | | | |
|--|---|--|---------------------------|
| | Wasserscheiden | | Seen und Fjorde |
| | Eisscheiden | | „Vulkan“ Viedma |
| | Schneefreie Gletscherzungen
am Ende der Tauperiode | | Flüsse |
| | Schnee- und eisfreie Fläche | | Gebiet des ewigen Schnees |



Abb. 89. Ein Vergletscherungsknoten im Tibet. Derartige Fotos waren die einzige zuverlässige Informationsquelle bei der

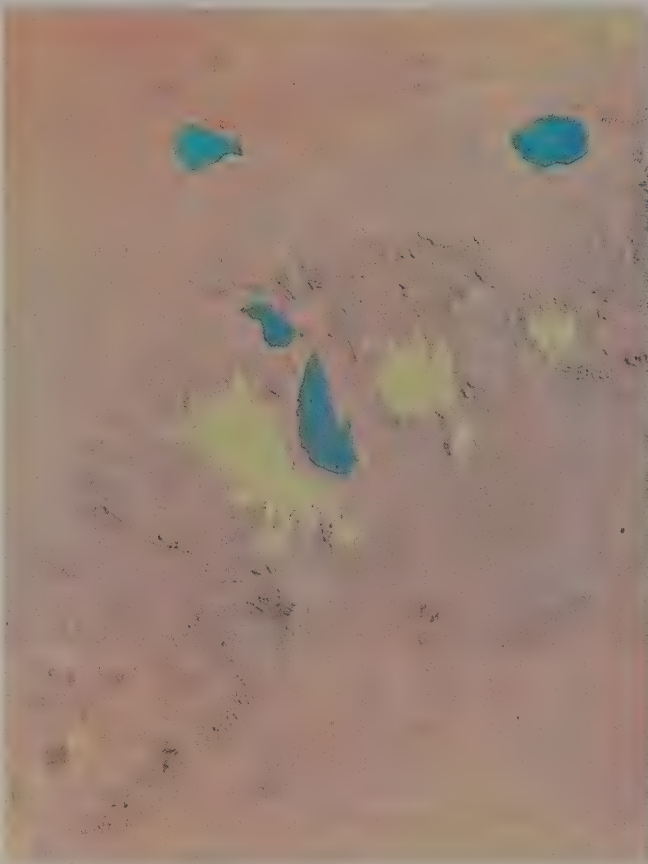
Zusammenstellung glaziologischer und hydrologischer Karten für den Atlas der Schnee- und Eisvorkommen der Welt. Ein solcher Atlas

wurde in der Sowjetunion auf Beschluß der UNESCO herausgegeben.

Kosmische Aufnahmen lassen auf ihre Anzahl, den Grad der Lawinengefahr sowie auf den Typ und die Größe der Lawinen schließen. Derartige Untersuchungen konzentrieren sich in der UdSSR auf die Gebirgsgegenden in den Karpaten, im Kaukasus, im Pamir-Alai-Gebirge, im Tienschan und Altai.

Eine logische Fortsetzung bei der Erfassung der Schnee- und Eisvorräte in der UdSSR hat die Arbeit der sowjetischen Glaziologen in den Untersuchungen der Schnee- und Eisvorkommen der Welt erfahren. Diese Untersuchungen endeten erfolgreich mit der Zusammenstellung eines Atlases der Schnee- und Eisvorkommen der Welt. Die Kosmonauten leisteten dazu ihren Beitrag mit Hunderten von Orbitalaufnahmen über vergletscherte Flächen der Erde. Dieser Atlas ist der Beitrag der Sowjetunion zum Internationalen hydrologischen Programm, das seit 1975 auf Anregung der UNESCO läuft, und spiegelt alle Natureisarten wider. Das Kartenwerk informiert über Schnee- und Eisvorräte, über ihre Veränderlichkeit und eventuelle Nutzung für wirtschaftliche Belange.

Mit Hilfe von Orbitalaufnahmen konnten teilweise fehlende Angaben über viele schwer zugängliche Gegenden der Erde gewonnen werden, während sie in bezug auf bestimmte



tungen in einer ganzen Reihe von Fällen gegenüber den anderen Methoden zur Gewinnung kosmischer Informationen von Vorteil. Der Mensch ist imstande, die gesuchten Objekte zu finden (selbstverständlich unter Berücksichtigung von Einschränkungen, die von den Flugbahnparametern auferlegt werden), sie „gezielt“ und so oft wie nötig zu beobachten und die Informationen an den Nutzer zu leiten, insbesondere bei der Lösung von Aufgaben, die eine Antwort von der Art „Ja-Nein“ verlangen (Waldbrände, katastrophale Erdölverschmutzungen, Plankton im Ozean u. ä.)

Auch darf nicht übersehen werden, daß

viele Algorithmen des Erkennens und der Filterung von Störungen durch eine den realen Einsatzbedingungen angepaßte Ausbildung oder während der Beobachtungen selbst (Wahrnehmungssituation) herausgebildet werden. Infolgedessen verbessern sich mit der Zeit die „Informationsqualitäten“ des Beobachters.

Die visuellen Beobachtungen aus dem Weltraum als Informationssystem haben also folgende Vorzüge: das System „Auge-Gehirn“ stellt einen guten Filter des Rauschens I_r^1 und I_r^2 dar, während die Rauschquellen I_r^3 und I_r^4 überhaupt fehlen. Das Verhältnis Signal/Rauschen bei visuellen Beobachtungen übersteigt diesen Kennwert

Abb. 90. Ein Blick auf den Karakorum aus Richtung Pamir. Eine Minute später werden seine Gebirgsketten in den Aufnahmebereich der

stationären Fotoapparate geraten. Obwohl der welthöchste Gipfel Mount Everest (8848 m) im Himalaja liegt, ist der Karakorum nach der

Gesamthöhe seines Berglandes unübertroffen.

Abb. 91. Berge des Mongolischen Altai. Die Vergletscherung dieser

Region geht von Jahr zu Jahr zurück. Der Rückzug der Altai-Gletscher ist aus dem Weltall zu erkennen.



glaziale Gebilde zu neuen Ansichten geführt haben. Die jahrelangen kosmischen Beobachtungen der nordpatagonischen und südpatagonischen Eiskappen in den Südan den, in denen Vorausberechnungen zufolge rund 12 Prozent der gesamten nichtpolaren Vergletsche-

rung der Erde konzentriert sind, haben es beispielsweise möglich gemacht, die Eisgrenzen und die Eisscheiden genau zu bestimmen und die Lage saisonbedingter Schneegrenzen festzustellen.

Die Abbildung 87 zeigt eine kosmische Aufnahme mit den charakteristischen Zügen und den Besonderheiten der südpatagonischen Eiskappe. Das Foto ist aus der Pazifikrichtung aufgenommen und hat in seinem Blickfeld den ebenen Teil Patagoniens und die Atlantikküste. Auf dieser Aufnahme zeichnen sich deutlich die Spuren uralter Gletschertätigkeit ab: Zwischen

bei der Lösung entsprechender Aufgaben unter Verwendung von Foto- und Fernsehkameras.

Bedient sich der Kosmonaut während seiner Beobachtungen solcher Geräte wie Handkameras, Entfernungsmesser, Kolorimeter, Spektrometer und Sextanten, nimmt der Nutzeffekt seiner Arbeit noch zu. Ein konkretes Beispiel derartiger Beobachtungen ist das an Bord der sowjetischen Orbitalstation Salut 6 realisierte Programm „Biosphäre“.

Bei der Erderkundung aus dem Welt- raum fanden Fernsehbildkameras weit- gehende Anwendung. Als Kollektor diente dabei ein Linsenobjektiv, als Detektor

wurden die Kathoden von Elektronen- strahlröhren verwendet. Als besonders ef- fektiv erwiesen sich dabei multispektrale Fernsehsysteme.

Neben dem elektronischen Fernsehen benutzte man für die Untersuchung von Naturressourcen optisch-mechanische mul- tispektrale Abtastfernsehkameras.

Der Empfänger eines Fernsehabtast- systems weist eine höhere radiometrische Genauigkeit als die Abtaströhre eines elektronischen Fernsehsystems auf, weil dabei kompakte Strahlungsenergieempfan- ger zum Einsatz kommen, während die Oberfläche der Auftreffplatte einer Fern- sehabtastrohre größer und in gewisser

der Eiskappe und der Pazifikküste ziehen sich zahlreiche tiefe Fjorde hin. In der fernen Vergangenheit entstanden diese Fjorde infolge einer Hebung der Erdkruste und deren Spaltung durch unzählige Brüche; später wurden diese Spalten der Erdrinde von den Gletscherzungen „nachbearbeitet“. Die Abbildung 88 illustriert die Ergebnisse der Bildinterpretation der letztangeführten Aufnahme.

Durch kosmische Forschungen haben wir heute klarere Vorstellungen von der Morphologie und den Eisverhältnissen der Gletscher im Himalaja, in den Kunlun-Ketten und im Tibet.

Die Abbildung 89 zeigt einen Teil der Vergletscherung im Tibet. Eine Analyse vieler kosmischer Aufnahmen dieses ausgedehnten Territoriums hat ergeben, daß es im Tibet keine große Gebirgsvergletscherung gibt: Einzelne Bergrücken erheben sich verstreut inmitten einer kalten und unwirtlichen, etwa 5000 m über dem Meeresspiegel liegenden Hochgebirgswüste, in der außerdem noch hie und da abflußlose Bittersalzseen zu finden sind.

Besonders viele Informationen wurden über die Gletscher im Karakorum gewonnen, wo der Mount Godwin Austen, der zweithöchste Berg der Welt (8611 m), liegt. Eine anschauliche Vorstellung von den morphologischen Besonderheiten des Glazialkomplexes Karakorum gewinnt man aus der Abbildung 90. Deutlich zu unterscheiden sind auf dem Foto Mittelmoränenzüge, die sich längs der Gletscher erstrecken, sowie Stellen, an denen sich eine geschlossene Moränendecke entwickelt hat.

Mühe los kann man die Übergangszonen, in denen der Schmelzvorgang vorwiegend stattfindet, von der Schneeablagerung zur schneefreien Eisoberfläche verfolgen. In vielen Fällen weist eine Verdunkelung der Oberfläche auf Gletscherbrüche hin. Gebirgsketten und tiefe Täler vermitteln eine Vorstellung von orographischen Besonderheiten dieses Gebiets. Die Zeichnung der Hänge läßt auf ihren geologischen Aufbau schließen.

Die Vergletscherung des Mongolischen Altai (Abb. 91) konzentriert sich vor allem an der Grenze zwischen der VR China und der Mongolischen Volksrepublik. Das regelmäßige Fotografieren dieser Region im Laufe von sechs Jahren läßt den Schluß zu, daß man es hier mit einer Tendenz des Gletscherrückganges zu tun hat. Zugleich ist dort ein stark entwickelter Glazialkomplex registriert worden, der sich aufgrund des kontrastreichen Reliefs, großer Höhen und ausgiebiger Niederschläge herausgebildet hat. Um die Besonderheiten der Vergletscherung in dieser Region herauszufinden, wurden Bodenuntersuchungen und flugvisuelle Beobachtungen in unmittelbarer Nähe durchgeführt, und zwar im Altai auf dem Territorium der UdSSR. Die Abbildung 92 informiert über den Charakter des Glazialkomplexes Altai.

Untersuchung der Gletscherschwankungen und der Dynamik schneller Gletschervorstöße

Es gibt zwei Arten von Gletscherschwankungen. Zur ersten Art gehören klimatisch bedingte

Hinsicht nicht linear ist. Ein Spektralabtastsystem hat außerdem einen eingebauten Block für radiometrische Kalibrierung, der die Empfindlichkeit des Systems nach jedem Abtastzyklus überprüft. Die Lampe des Kalibrierungsblocks wird regelmäßig nach der Lichtstromintensität der Sonne kontrolliert.

Die Lösung eines großen Kreises von Aufgaben bei der Untersuchung der natürlichen Umwelt aus dem Weltraum hängt mit dem Studium von Eigenschaften der Ausstrahlung der Erde im Infrarotbereich (IR) elektromagnetischer Wellen zusammen. Eine Erklärung dafür besteht vor allem darin, daß bei der Interpretation natürlicher

Objekte nach der reflektierten und der Eigenstrahlung im IR-Bereich nicht nur die Merkmale der Oberfläche, sondern auch die physische Struktur oberflächennaher Schichten erkannt werden können. Wichtig wäre auch, daß im IR-Bereich eine Untersuchung von Elementen der unter der Oberfläche lagernden Schichten möglich ist. Dabei geht man von der Eigenstrahlung dieser Elemente zu verschiedener Tages- und Nachtzeit aus.

Vielfältige IR-Geräte zur Fernerkundung arbeiten in den „Fenstern der Durchsichtigkeit der Atmosphäre“, d. h. im Bereich zwischen 1,1 und 14 Mikron. Besonders interessant sind die Wärmemesser für den



Bereich von 10,8 bis 12,5 Mikron. Mit ihrer Hilfe werden wichtige Aufgaben gelöst, die mit der Erkundung von Bodenschätzen zusammenhängen.

Neben den Fernerkundungsmitteln, die im sichtbaren und infraroten Spektrumbereich arbeiten, werden bei der Untersuchung der Naturressourcen und der Umwelt in zunehmendem Maße funktechnische Mittel eingesetzt. Diese bestehen aus zwei Gruppen: aus den passiven und den aktiven funktechnischen Fernerkundungssystemen.

Zu den passiven Systemen gehören ultrahochfrequente (UHF) Radiometer für den Empfang sehr schwacher elektroma-

gnetischer Signale im UHF-Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Jeder Gegenstand mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt strahlt derartige Signale aus. Die Radioastronomie bedient sich dieser Erscheinung schon seit langem zur Aufzeichnung von Signalen außerirdischer Quellen. So wurden gewisse Erfahrungen bei der Entwicklung von Radiometern gesammelt.

Alle Objekte strahlen elektromagnetische Energie aus. Die Menge dieser Energie und deren Spektrpalette hängen im wesentlichen von der Temperatur des Objekts, von seiner chemischen Zusammensetzung und von der Beschaffenheit seiner

Abb. 92. Das Katungebirge weist die wichtigsten Gletscher des Altai auf. Dort befindet sich auch der höchste Gipfel dieses

Berglandes—der Pik Belucha (im Hintergrund).

Abb. 93. Der Ostpamir. Im Norden ist dieses Bergland gegen feuchte

Luftmassen durch die hohe Barriere des Transalaigebirges geschützt, über dem der Pik Lenin (7127 m) dominiert. Die Vorräte an

ewigem Schnee im Transalaigebirge nähren die Pulsationsgletscher des Sauksaibeckens.

Schwankungen: Der Gletscher reagiert auf Verbesserung bzw. Verschlechterung seiner Ernährung oder auf jahrelange Temperaturänderungen mit seinem Anwachsen oder mit seinem Rückgang. Zur zweiten Art zählen Pulsationen im Gletscher selbst, die durch die Unbeständigkeit nichtlinearer dynamischer Verbindungen in seinem Inneren entstehen. Die Pulsationsgletscher unterscheiden sich von den gewöhnlichen, „normalen“, dadurch, daß sie von Zeit zu Zeit etwa in gleichen Intervallen, die bei den einzelnen Gletschern unterschiedlich sind, von einer gleichmäßigen, sehr langsamen Bewegung schlagartig zu einer schnellen übergehen, ohne daß es dafür irgendwelche äußeren Ursachen gegeben hätte.

Das erhöhte Interesse für Pulsationsgletscher erklärt sich aus der Gefahr, die von ihnen für Wirtschaftstätigkeit und Bevölkerung ausgeht. Die schnell vorstoßenden Gletscher sperren Täler ab und stauen nicht selten Flüsse zu Seen auf, deren Durchbruch durch die Gletscherschranke zu katastrophalen Überschwemmungen führt. Derartige Erscheinungen lassen sich zwar nicht verhüten, können jedoch vorausgesagt werden.

Die traditionellen Methoden zur Sammlung von Informationen über die Aktivität der Pulsa-



Oberfläche ab. Einen Teil der Strahlung im Wellenbereich zwischen 0,1 und 30 cm (Frequenzbereich der UHF-Radiometrie) kann ein radiometrischer Geber registrieren. Eine Analyse der Stärke und des Spektrums des empfangenen Signals ermöglicht die Fernerkundung (Interpretation) eines natürlichen Objekts.

Die Wahl der oberen und der unteren Grenze eines Spektralbereichs, der sich für die Messung von Parametern der Erdoberfläche mit Hilfe passiver funktchnischer UHF-Systeme eignet, fußt auf folgenden Überlegungen: Auf Wellen über 30 cm verstärkt sich das kosmische Rauschen, so daß das nützliche Signal überlagert

werden kann. Im Wellenbereich unter 0,1 cm ist die Empfindlichkeit gegenüber atmosphärischen Bedingungen der größte Nachteil, was die Geräte viel komplizierter macht.

Im Unterschied zu den sichtbaren und infraroten Wellen lassen sich die UHF-Wellen durch Wolken, Nebel und Niederschläge spürbar weniger beeinflussen. Das macht die UHF-Radiometer zu Allwettergeräten. Außerdem sind sie aussagekräftig. Der meßbare Unterschied der Ausstrahlungstemperaturen von Eis und Wasser beträgt beispielsweise im UHF-Bereich etwa 100 °K, selbst wenn beide Stoffe die gleiche Temperatur aufweisen. Die UHF-Wellen

tionsgletscher sind begrenzt, weil sie meist in schwer zugänglichen Gebirgen liegen. Nur einige wenige Gletscher in den Bergen der Sowjetunion sind daher mit stationären Beobachtungspunkten ausgestattet. Die Möglichkeiten kosmischer Orbitalaufnahmen dagegen sind viel umfassender. Ihre hohe Regelmäßigkeit und Reichweite bei einer genügenden geometrischen und spektralen Auflösung der Bilder gestatten es, in einer verhältnismäßig kurzen Zeit (bis zu einem Monat) die Gletscher mehrerer Bergregionen zu untersuchen, beispielsweise im gesamten Gürtel der alpinischen Faltung in Hochgebirgen Asiens einschließlich des Pamir, Hindukusch, Karakorum und Himalaja.

In den Jahren 1973 bis 1976 fotografierten die Besatzungen des Raumschiffs Sojus 12 und der Orbitalstationen Salut 3, Salut 4 und Salut 5 während ihres Fluges regelmäßig die Pulsationsgletscher am Taloberlauf des Pamirflusses Sauksai am Südhang des Piks Lenin (Abb. 93). Die Auswertung dieser kosmischen Aufnahmen ermöglichte es, im Laufe von vier Jahren die Vorstöße der großen Wali-, Dzierżyński- und Maly-Saukdara-Gletscher (Gesamtfläche $54,4 \text{ km}^2$, Gesamteisvolumen ca. $6,4 \text{ km}^3$) zu untersuchen und eine Reihe interessanter Besonderheiten festzustellen. Im April 1972 befand sich die Zunge des Wali-Gletschers im Ablationsstadium. Seit September 1973 belebte sich der Gletscher wieder. 1974 kam es zu einer stärkeren Akkumulation im unteren Teil des Gletschers, und es begann sein Vorstoß. Im Juli 1975 näherte sich seine Vorderfront dem

Sauksai-Flußtal. Im Mai 1976 breitete sich das Eis in diesem Tal in Form einer „Katzenpfote“ aus. Gegen August 1976 erreichte die Zunge den gegenüberliegenden Hang des Tals und bildete somit eine Sperrmauer. Im Februar 1977 vergrößerte sich der Abschnitt des Gletscherkontaktes mit dem gegenüberliegenden Hang von 100 auf 300 m. Im Mai desselben Jahres blieb die Lage der Zunge stabil, während im Spätsommer ein Rückzug des Gletschers und der Ausgleich seiner Oberfläche einsetzten. Der Gletscher war in sein Rückgangsstadium eingetreten.

Der maximale Vorstoß des Gletschers vom Ausgangspunkt in dieser Zeitspanne betrug ca. 1550 m. Der Gesamtzuwachs der Fläche dreier Gletscher wird auf $3,3 \text{ km}^2$ geschätzt, der summarische Zuwachs der Eismasse im Sauksai-Flußtal auf $0,2 \text{ km}^3$. Dieses Eis taute auf und vergrößerte entsprechend den Abfluß des Sauksais.

Ein nach kosmischen Aufnahmen zusammengestelltes Schema (Abb. 94) vermittelt eine Vorstellung von der Pulsationsdynamik der Gletscher am Südhang des Piks Lenin.

Während des Flugs der Orbitalstation Salut 6 dauerte die Überwachung der Gletscher der Sauksai-Gruppe an. In den dreieinhalb Jahren des Einsatzes der Station konnten allein im Pamir etwa zwanzig Gletscherpulsationen registriert werden, von denen viele vorausgesagt wurden.

Als markantes Beispiel einer erfolgreichen Vorhersage eines bevorstehenden Eisvorstoßes

Das Emissionsvermögen eines zu beobachtenden Objekts (und folglich auch seine schwarze Temperatur) ändert sich bei einer Änderung des Blickwinkels bei der Polarisation einer Frequenz, auf der die Beobachtung stattfindet, mit der Veränderung der Oberfläche, der chemischen Zusammensetzung und der Temperatur. Das Emissionsvermögen einer glatten Oberfläche (bei senkrechtem Blickwinkel) beträgt 0,4, das des unebenen Bodens etwa 1. Das Emissionsvermögen des Wassers hängt von dessen Temperatur und Salzgehalt ab.

Die unebene Oberfläche ergibt wegen zahlreicher Umreflexionen eine höhere schwarze Temperatur. Schaum auf der Was-

seroberfläche vergrößert deren schwarze Temperatur ebenfalls beträchtlich. Die Oberflächenverschmutzung (Erdölflecke und anderes mehr) bewirkt gleichfalls eine Veränderung der schwarzen Temperatur der Wasseroberfläche.

Vergleiche zeigen, daß das Emissionsvermögen bei Sand und Wiesen höher als bei Wasser ist. Vegetation ist des öfteren ein guter Strahler. Die schwarze Temperatur beispielsweise einer Wiese ist fast identisch mit ihrer physischen Temperatur, denn Wiesen gleichen einer rauen Oberfläche. Das Emissionsvermögen von feuchtem Boden beträgt beinahe 1. Daher sind die schwarze Temperatur und die reale Tem-

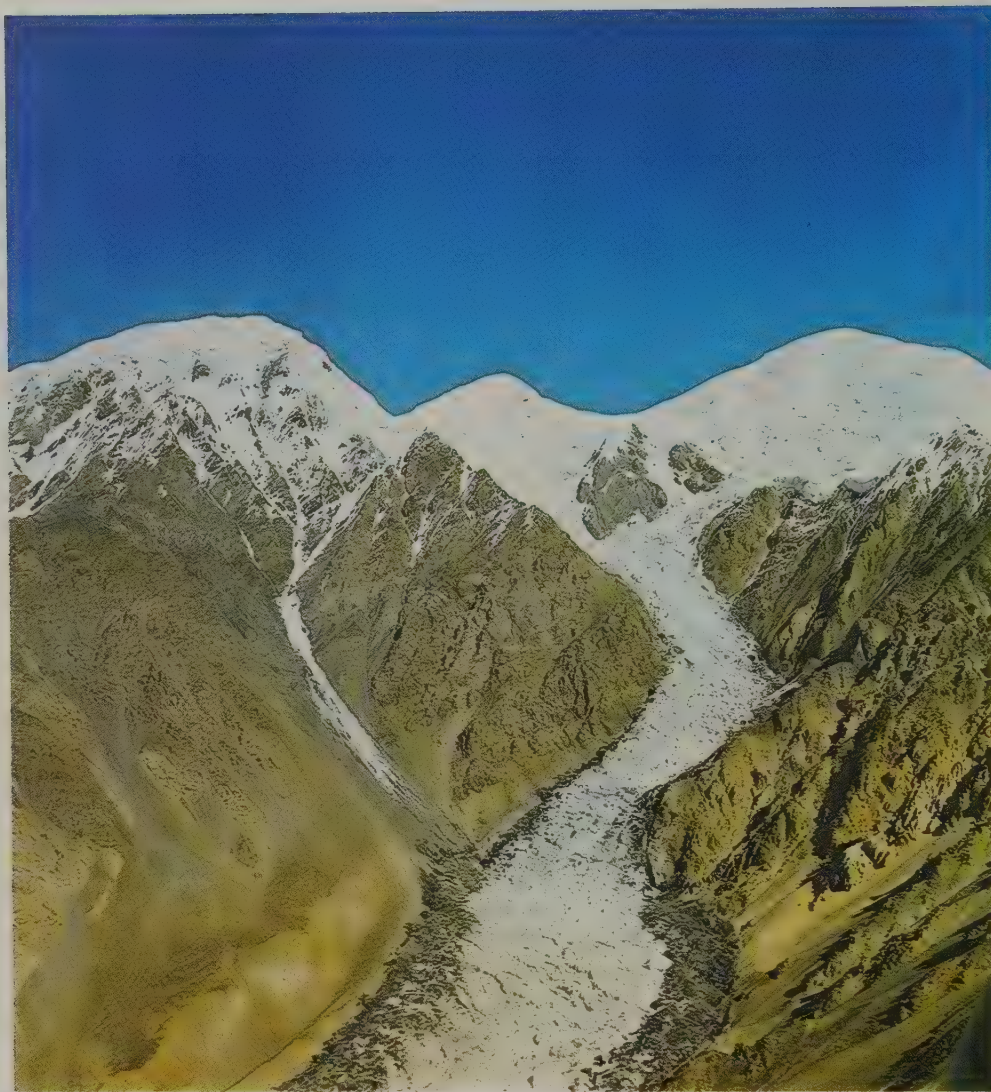


Abb. 95 und 96. Der Pulsationsgletscher Nr. 255, der vom Südhang des Transalaigebirges in der Nähe des Piks Lenin hinabgleitet. Die linke Aufnahme zeigt den Oberlauf des Gletschers und seinen mittleren Abschnitt, die rechte Aufnahme – die Gletscherzunge. Fotografiert ist der Höhepunkt des Gletschervorstoßes, nachdem mehrere Millionen Kubikmeter Eis die engste Stelle des Tals bereits passiert haben und sich auf der Gletscherzunge ansammeln. Der Gletscherkörper ist angeschwollen und mit Spalten übersät. Auf der rechten Aufnahme ist zu sehen, wie das aktive Eis als mächtige Schicht über die alte, abgestorbene Zunge gleitet. Der vorstoßende Gletscher ist bis zum Kamm der Ufermoräne angestiegen und reißt deren innere Böschung auf. Wenn der Gletscher zum Stillstand kommt, glättet sich seine gespaltene Oberfläche.

peratur der Oberfläche dieser Art etwa gleich. Beträchtlich sind die Unterschiede der schwarzen Temperatur bei Eis und Wasser. Das Emissionsvermögen von Schnee ist hoch und verändert sich in Abhängigkeit von seiner Feuchtigkeit.

Der Aufbau von UHF-Geräten ist unkompliziert, obwohl bei deren Entwicklung eine Reihe technologischer und Konstruktionsprobleme bewältigt werden muß. Ein Radiometer besteht aus drei Hauptbaugruppen: einer Antenne, die lediglich in einem kleinen Bereich der Strahlung anspricht, einem Empfänger, der die Strahlung in elektrische Spannung umwandelt, und einem Aufzeichnungsgerät

(Indikator). Die Hauptdaten, die den Nutzer an einem Radiometer interessieren, sind das Winkelauflösungsvermögen, das durch die Breite des Antennenstrahls bestimmt wird, und die Temperaturempfindlichkeit.

In UHF-Radiometern werden verschiedene Antennentypen verwendet. Von Interesse ist die aus vielen Strahlern bestehende Mehrelementantenne (Gitterantenne). Sie gewährleistet die einwandfreie Steuerung der Richtcharakteristik und die optimale Nutzung der Nutzfläche. Durch den Einbau elektronischer Phasendreher in die Speisungsleistungen von Strahlern läßt sich die trägheitsfreie Strahlabtastung erreichen.



Das von der Antenne empfangene Signal trägt einen Rauschcharakter, wie er für Wärmestrahlung typisch ist. Im Empfänger kommt ein anderes Rauschsignal hinzu: das Rauschen des Empfängers selbst. Dieses Rauschen soll möglichst gering sein. Zum Empfänger gehört ein Integrator, der die Rauschfluktuation durch Integration verringert, um die tatsächlichen Unterschiede in der schwarzen Temperatur bemerkbar zu machen.

Zum erstenmal in der Welt wurden UHF-Radiometer in den sowjetischen Satelliten Kosmos 243 und Kosmos 384 in den Jahren 1968 und 1970 installiert. Später fanden sie eine breite Anwendung. In der

Orbitalstation Salut 6 wurde beispielsweise das UHF-Gerät KRT 10 mit einer Antenne von zehn Metern Durchmesser eingesetzt.

Die UHF-Radiometer unterscheiden einwandfrei die Grenzen solcher Medien wie Festland-Wasser und Wasser-Eis. Diese Unterschiede zeichnen sich mit hoher Glaubwürdigkeit wegen der Unterschiede im Emissionsvermögen ab. Die UHF-Radiometrie findet heute auch bei der Messung der Stärke und des Alters von Eis sowie bei der Ermittlung der Packeisverbreitung Anwendung, was zweifellos für die Erkundung der Eisverhältnisse und für den Eisbrecherdienst von Interesse ist.

Unter den Fernerkundungsmitteln ist



Abb. 97. Kosmische Aufnahme des zentralen Pamir, der wichtigsten Testregion, wo sowjetische Glaziologen Methoden zum Gletscherstudium mit Hilfe kosmischer Aufnahmen und visueller Orbitalbeobachtungen erproben. In der Landschaft dominiert der mehr als 77 Kilometer lange Fedtschenko-Gletscher, der längste in Eurasien. Von der Mitte des Bildes zu seinem linken unteren Winkel verläuft eine helle Linie – das Becken des Flusses Wantsch, an dessen Oberlauf der Medweshi-Gletscher, einer der bekanntesten Pulsationsgletscher der Welt, liegt, dessen schnelle Vorstöße alle 10 bis 14 Jahre stattfinden.

einzig die UHF-Radiometrie in der Lage, den Salzgehalt von Meerwasser zu messen. Diese Methode wird in Gebieten mit bedeutendem Salzgehaltunterschied Anwendung finden, wo Ozeanströmungen die Küste umspülen und wo es Mündungstrichter gibt. Die Salzgehaltmessungen sind sowohl für die Fischer als auch für Untersuchungen auf dem Gebiet der physischen Ozeanographie von Bedeutung.

Von Interesse wäre die Verwendung von UHF-Radiometern zur Untersuchung des Meereszustandes, u. a. des Wellengangs. Gute Ergebnisse sind bei der Ortung von Erdölflecken auf dem Wasser mit Hilfe von UHF-Radiometern erzielt worden.

Bei der Erkundung des Festlandes können Radiometer auf folgenden Gebieten mit Erfolg eingesetzt werden: bei der Kartierung der Schneedecke, bei der Messung der Schneefeuchtigkeit und -temperatur, bei der Einschätzung der Bodenfeuchtigkeit, bei der Erkundung von Geothermalquellen, bei der Registrierung von Waldbränden, bei der Erkundung von Grundwasserlinsen, bei der Untersuchung von Gebieten mit Dauerfrostboden, bei der Ermittlung von unterirdischen Bränden, bei der Untersuchung der Bodenversalzung, bei der Kontrolle des Wasserverbrauchs (darunter bei der Kontrolle des Feuchtigkeitsumsatzes auf bewässerten Flächen), bei der Untersuchung

kann der Gletscher Nr. 255 dienen, der westlich vom Wali-Gletscher liegt. Seine Pulsationszeit und Entwicklungsdynamik entsprachen ziemlich genau der Vorhersage. Die Abbildungen 95 und 96 zeigen den Gletscher auf dem Höhepunkt seines Vorstoßes, wenn der Eisstrom den unteren Punkt der passiven, erstarrten Zunge erreicht hat und sie beinahe bedeckt. Im Gletscherbild heben sich eine mit Spaltennetz überzogene Zunge, eine gewaltige Verwerfung am Oberlauf (95) und das Gebiet einer starken Eispressung (96) heraus, von dessen Stirnseite sich Eisbrocken abgespalten haben und auf dem Talweg liegenbleiben. Um sich die Dimensionen dieser Erscheinung vorstellen zu können, muß man hinzufügen, daß der Gletscher in einer Höhe von 6340 m über dem Meeresspiegel beginnt und der Höhenunterschied zwischen seinem höchsten und seinem niedrigsten Punkt 2270 m beträgt.

Auf der Abbildung 97 sind zahlreiche Pulsationsgletscher im Zentralpamir zu sehen. Die einen heben sich durch das charakteristische Muster der Mittelmoränenzüge hervor und veranlaßten deswegen den Kosmonauten W. W. Kowaljonok, sie mit dem Rücken eines Erdeichhörnchens zu vergleichen, die anderen durch Eisvorstöße, die in den Tälern die Form von „Katzepfoten“ annehmen. Ein Spezialist würde auf dieser Abbildung mehr als 50 morphologische, den Pulsationsgletschern eigene Merkmale finden. Alles in allem gibt es hier sogar etwa 100 derartige Merkmale.

In der Mitte des linken oberen Bildteils sieht man den Sugran-Gletscher, der sich an seinen

Abb. 98. Zu den ausgeprägten, aus dem Weltraum leicht erkennbaren Merkmalen von Pulsationsgletschern gehören die querliegenden

Moränenwälle auf der Gletscheroberfläche. Auf dem Bild: Moränenwälle des Sugran-Gletschers im Pamir



großen Ausmaßen, einer schroffen Änderung des Talverlaufs von der Breiten- zur Meridionalrichtung und an der Serpentine der Mittelmoräne mühelos erkennen läßt. Dieser Gebirgsgletscher ist unter den Pulsationsgletschern der Sowjetunion in wissenschaftlicher

geomorphologischer Strukturen, tektonischer Zonen und Brüche, bei der Analyse von Erzkörpern, Kohleschichten und Lagerstätten von Mineralien.

Viele Informationen kann die UHF-Radiometrie bei der Untersuchung der Atmosphäre liefern. Gelöst werden u. a. folgende Aufgaben: die Registrierung der Konvektionsbewölkung, die Bewertung des Wassergehalts von Wolken und dampfartiger Feuchtigkeit, die Ortung von Niederschlags- und Gewittergebieten, die Beurteilung der Niederschlagsmenge sowie des Aufbaus des Temperaturprofils der Atmosphäre.

Die UHF-Radiometrie findet also als

Mittel der Fernerkundung von Bord kosmischer Flugkörper zur Lösung verschiedenartiger Aufgaben in Volkswirtschaft und Wissenschaft weitgehende Anwendung.

Eine andere Gruppe funktechnischer Mittel besteht aus Radarsystemen, die die zu untersuchenden Objekte bestrahlen. Beim Einsatz von Radarmitteln zur Fernerkundung der Erde an Bord kosmischer Flugkörper rührt die Information über die Objekte der Untersuchung von Amplituden-, Phasen- und Polarisationskennlinien des reflektierten Signals her. Die Radarmittel teilen sich üblicherweise in die drei Hauptgruppen. Das sind Seitensichtradar, Radaranlagen zur Erkun-



Abb. 99. Die gewaltigen Spalten, die den Gletscher bei seinem Vorstoß zerklüften, verändern seine Reflexionsfähigkeit. Kosmosbilder registrieren

diese Erscheinung als dunkle Stellen auf der Gletscheroberfläche.

Abb. 100. Der Medweshi-Gletscher. Das



Hinsicht besonders interessant, ja er gilt zu Recht überhaupt als ein glaziologisches Phänomen. Der Rückzug seiner Stirnseite kann sich schätzungsweise bis zu 6 km erstrecken. In den letzten 25 Jahren ging er um fast 5 km zurück

und verlor beinahe ein Drittel seiner Eismasse. Nur mittelhohe Schütthalden und wenige noch verbliebene Eisansammlungen zeugen von seiner früheren Ausdehnung.

Die Vergletscherung des Tals zeichnet sich

dung oberflächennaher Schichten und Funkhöhenmesser. Um den Nutzeffekt beim Erkennen verschiedener Objekte zu vergrößern, kommen im praktischen Funkmeßwesen Mehrfrequenzradargeräte zum Einsatz.

Die Methoden der Funkmeßerkundung dienen zur Lösung der verschiedensten Aufgaben. Die im Zentimeterwellenbereich arbeitenden Seitensicht radare (SSR) haben sich bei der Kartierung der Landschaft bewährt. Mit ihrer Hilfe werden u. a. die Grenzen der Bodennutzung in Städten und auf dem Lande registriert, Straßenkarten zusammengestellt und Eisverhältnisse erkundet. Radaraufnahmen können bei der

Lösung einer Reihe geologischer Aufgaben von Nutzen sein, so bei der Untersuchung des geomorphologischen und struktur-tektonischen Aufbaus sowie der stofflichen Zusammensetzung des Gesteins.

Bei der Suche nach Bodenschätzen gewinnen Radargeräte zur oberflächennahen Erderkundung (ROE), die im Dezimeter- und Meterwellenbereich arbeiten, immer mehr an Bedeutung. Sie können verschiedene Ungleichartigkeiten dicht unter der Erdoberfläche entdecken sowie deren Lagerungstiefe, die Mächtigkeit der Schichten und elektrische Eigenschaften untersuchen. Das Funktionsprinzip von ROE beruht auf der unterschiedlichen

angeschwollene und zerklüftete Eis weist auf einen baldigen Vorstoß hin. Sogar im Winter ist das aus dem Orbit deutlich zu sehen.

Abb. 101. Der Pamirgletscher Abdukagor liegt am Oberlauf des Flusses Wantsch. Die Umrisse des vorstoßenden Gletschers sind auch im

Winter deutlich erkennbar, wenn die Hänge und der Gletscher mit einer starken Schneeschicht bedeckt sind.



durch hohe Aktivität aus: Der jüngste Gletschervorstoß endete im Jahre 1981, aber eine viel stärkere Pulsation war 22 Jahre zuvor zu verzeichnen.

Das letzte Vorrücken des Sugran-Gletschers

wurde von einem der Autoren dieses Buches einige Jahre zuvor mit Hilfe kosmischer Aufnahmen vorhergesagt. Bereits 1974 und 1975 tauchten auf Orbitalfotos erste Merkmale auf, die üblicherweise einer Pulsationsentladung der im Gletscher herrschenden Spannung vorausgehen. Als die Aktivität des Gletschers ihren Höhepunkt erreicht hatte, begann die ständige Beobachtung des Pulsationsverlaufs, um möglichst viele Merkmale des Vorstoßes zu sammeln und zu systematisieren, die der Vorhersage von Pulsationsänderungen auch anderer Eisströme dienen könnten.

Auf der Bodenaufnahme 98 kann man jene Mittelmoräne erkennen, die sich wie eine Serpentine auch auf dem kosmischen Foto abhebt. Sowohl die Orbital- als auch die Bodenaufnahme sind übrigens in einem Abstand von nur zwei Wochen gemacht worden. Auf der Abbildung 99 ist zu sehen, wie die Oberfläche des Gletschers vor dem Beginn des Vorstoßes anschwillt und sich seine brüchige Außenschicht mit einem dichten Netz von Spalten überzieht. Auf dem Kosmosfoto sind einzelne Spalten nicht zu sehen, dafür nimmt sich die Abbildung des mit dem Spaltennetz überzogenen Abschnittes des Gletschers dunkler als seine übrige Umge-

dielektrischen und magnetischen Durchlässigkeit des Objekts und seiner Umgebung, was die Reflexion der elektromagnetischen Wellen an der Grenze zweier Medien beeinflusst und eine Veränderung der Eigenschaften des reflektierten Signals (seiner Amplitude, Phase und Polarisation) zur Folge hat. Viele wichtige Aufgaben können durch den Einsatz von ROE gelöst werden. Mit ihrer Hilfe kann man u. a. wasserführende Schichten und Grundwasserlinsen in Dekameter- und Hektometertiefen feststellen.

Von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung ist das Studium der Karsterscheinungen. Karsthöhlen und unterirdische Hohl-

räume können dem Stadt- und Wasserbau ernste Schwierigkeiten bereiten und die Gefahr eines Durchbruchs von Karstwasser in Grubenbauen heraufbeschwören. Zuweilen spielen aber Karstmassive auch eine positive Rolle. Erstens können sie über bedeutende unterirdische Süßwasservorräte verfügen. Zweitens können unterirdische Hohlräume als Lagerstätte für Erdgas und andere Rohstoffe dienen. Schließlich ist ein Zusammenhang zwischen den Karsthohlräumen und den Erdöl- und Erdgasvorkommen nachgewiesen worden. Also kann die Entdeckung von Karsthohlräumen auf eventuelle Erdöl- und Erdgaslagerstätten hinweisen.

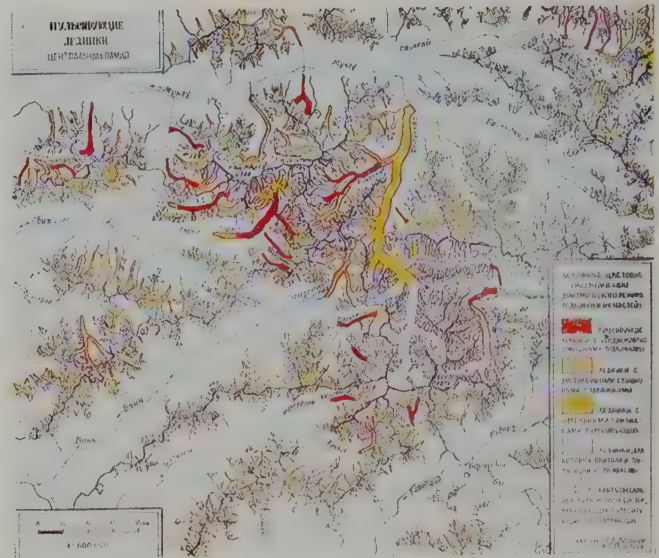
bung aus. Eine solche stellenweise Verdunkelung der Oberfläche ist Anlaß für eine erhöhte Aufmerksamkeit gegenüber diesem Gletscher.

Ein ausgeprägtes Merkmal der Pulsationsgletscher ist, daß viele ihrer morphologischen Oberflächenbesonderheiten auch im Winter beobachtet werden können, während die „normalen“ Gletscher zu dieser Jahreszeit unter einer Schneedecke verborgen liegen.

Der Pamirgletscher Medweshi auf der kosmischen Aufnahme 100 ist der erste Gletscher, von dem bereits 1973 ein starker Vorstoß vorhergesagt werden konnte. Dadurch verursachte das spätere katastrophale Hochwasser im Wansch-Flußtal als Folge dieses Vorrückens einen wesentlich geringeren Schaden. Das Bild zeigt den Gletscher im Februar 1983, d. h. vor seinem nächsten Vorstoß, der voraussichtlich 1986 zu erwarten ist. Auf dem Bild läßt sich am letzten geradlinigen Zungenabschnitt der hohe Wall des angeschwollenen Gletscherkörpers erkennen: Hier verläuft langsam in einer Abwärtsbewegung längs des Gletschers die Frontwelle der Aktivität oder, wie die Glaziologen sagen, die klimatische Welle. Auf allen Orbitalaufnahmen ist diese Welle genau festzustellen (siehe Abb. 97 Mitte), während ihre vor sich gegangene Verschiebung in der Zeit zwischen zwei Aufnahmen auf einen demnächst bevorstehenden Gletschervorstoß hinweisen kann. Natürlich wären mittels Bodenbeobachtungen noch genauere Angaben zu erhalten, doch leider bekommen die Glaziologen die Berge im Winter nicht gerade häufig zu

Abb. 102. Die Karte „Pulsierende Gletscher. Zentraler Pamir“ ist nach den Materialien 12jähriger Untersuchungen des Pamir mit Hilfe von

Orbitalaufnahmen zusammengestellt und im Atlas der Schnee- und Eisvorkommen der Welt veröffentlicht worden.



Gesicht. Bekanntlich bleibt das Hochgebirge während des größten Teils des Jahres den Blicken der Wissenschaftler verborgen.

Der Abdukagor-Gletscher (Abb. 101) liegt neben dem Medweshi-Gletscher und ist auf der Abbildung 97 dicht am unteren Bildrand zu sehen. Er gehört zu einem solchen Typ von Pulsationsgletschern, die sich vor einem schnellen Vorrücken jahrelang ziemlich langsam

Viele wertvolle Informationen bringt bei der Erderkundung der Einsatz von Funkhöhenmessern. Zu diesen Informationen gehören unter anderem überaus genaue Angaben über die Oberflächengestaltung.

In den Programmen zur Untersuchung der natürlichen Umwelt aus dem Weltraum kommt den spektrometrischen Aufnahmen eine große Bedeutung zu, denn die räumliche Verteilung von Helligkeits- und Farbfeldern, wie sie sich beim gewöhnlichen Fotografieren ergibt, entspricht nicht immer den Anforderungen der Interpretation. Zuweilen werden auch die Spektralwerte natürlicher Objekte für deren Erkennen benutzt. Zu diesem Zweck werden Satelliten,

Raumschiffe und Orbitalstationen mit verschiedenen spektrometrischen Geräten bestückt, die sich je nach dem Spektralbereich in Spektrometer des sichtbaren Teils des Infrarotspektrums, Spektrometer der Wärmestrahlung und der Mikrowelle einteilen lassen.

Mit Hilfe tragbarer und stationärer Spektralgeräte führten die Besatzungen von Raumschiffen und Orbitalstationen umfangreiche Untersuchungen durch. (Die technischen Hauptdaten der Handspektrometer sind in der Anlage VI enthalten.) Sie untersuchten u. a. spektrometrisch Testabschnitte der Erdoberfläche und des Dämmerungshorizonts der Erde beim

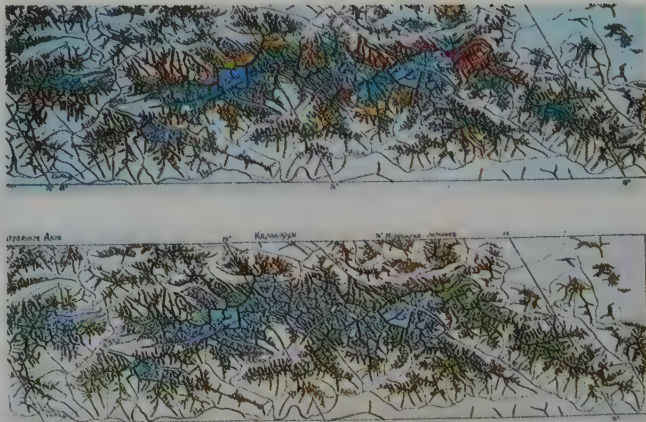
vorwärtsschieben und jährlich nur wenige bzw. mehrere Dutzende von Metern des Tales unter sich begraben. In vielen Fällen geht die Pulsation bei dieser Art von Gletschern nicht über die Grenzen ihrer Konturen hinaus. Sie erlischt im Gletscherkörper, ohne ein schnelles Vorrücken des Eisstroms auf dem Talweg auszulösen. Ein charakteristisches Merkmal dieser Gletscher ist die steile Stirnseite der Zunge, die sich im Winter bei Boden- und Luftbeobachtung scharf abzeichnet und auf Orbitalfotos deutlich zu sehen ist.

Noch vor kurzem herrschte die Meinung, ein schneller Gletschervorstoß sei eine recht seltene Erscheinung. In der Regel wurde man erst durch katastrophale Folgen darauf aufmerksam. Erscheinungen dieser Art wurden zunächst in den Alpen registriert. Im Jahre 1892 brach das Zungenende des Taet-Ross-Gletschers ab, überrollte mehrere Dörfer und kostete über 100 Menschen das Leben. Im Jahre 1949 kam es zu einer ähnlichen Katastrophe im Raum Chamonix, bei der allerdings weniger Opfer zu beklagen waren. Wohl die bekannteste Gletscherkatastrophe in den Alpen wurde am 30. August 1965 ausgelöst, als 88 Menschen infolge eines Abbruchs des Allalin-Gletschers sterben mußten.

In der Sowjetunion sind Gletschervorstöße wiederholt registriert worden. Im Kaukasus gilt als die bekannteste Pulsation das Vorrücken des Kolka-Gletschers, der sich im Jahre 1969 auf das 2,8fache verlängerte. Auf der Halbinsel Kamtschatka pulsierten wiederholt Gletscher an

Abb. 103. Oben: die Karte „Pulsierende Gletscher des Karakorum“ aus demselben Atlas. Unten: die Karte „Morphologie der

Gletscher des Karakorum“



Vulkanhängen, beispielsweise der Biltshonok-Gletscher. Im Tienschan wurde die Pulsation des Muschetow-Gletschers nördlich von den Bergmassiven des Piks Pobeda und des Piks Chan-Tangri detailliert untersucht.

Einzelne Gletschervorstöße wurden auch im Altaigebirge registriert, wo seit einiger Zeit auf dem Abramow-Gletscher eine ständige Beobachtungsstation das ganze Jahr hindurch arbeitet. Am häufigsten kamen jedoch Nachrichten über die Bewegung der Eisströme von den Bewohnern des Pamir.

Seitdem die Raumfahrt auch im Dienst der

Sonnenaufgang und -untergang mit unterschiedlichem Beleuchtungswinkel. Im Ergebnis wurden Reflexionsspektralwerte der wichtigsten Oberflächentypen gewonnen.

Die obenerwähnten Geräte zur orbitalen Fernerkundung der Erde finden in der Praxis des kosmischen Fotografierens weitgehende Anwendung, weil sich die Laseraufnahmen sowie die Gravitations- und Magnetmessungen aus dem Orbit noch im Experimentalstadium befinden.

An Bord automatischer und bemannter Raumflugkörper wird also ein breiter Kreis von Aufgaben der Erderkundung gelöst (siehe Anlage VII).

Die Praxis der Fernerkundung der Naturressourcen aus dem Weltraum hat seit den 70er Jahren bewiesen, daß das kosmische System zur Untersuchung der Naturressourcen (KS UNR) sowohl automatische Fotosatelliten, Satelliten ununterbrochener Fernseh-, Infrarot- und UHF-Beobachtung der Erde mit der Informationsübermittlung über Funkkanäle als auch bemannte Orbitalstationen mit wechselnden Besatzungen umfassen sollte. Das System müßte auch Zentren für den Empfang und die Verarbeitung kosmischer Informationen sowie Luftfahrt- und Bodengruppen von Beobachtern für laufende Subsatelliten-Synchronuntersuchungen umfassen.

Abb. 104. Sogar aus 350 km Höhe überraschen die Gletscher des Karakorum durch ihre Dimensionen. Besonders fällt der Siachen-Gletscher

auf, dessen Haupteisstrom etwa 75 km lang ist. Das Bild zeigt eine Reihe von Merkmalen dynamisch labiler Gletscher: verzweigte Zungenenden,

die das Flußbett versperren; zickzackartige Streifen der Mittelmoränenzüge; gestaute Seitengletscher usw. Ein wichtiges Ergebnis

der Interpretation dieses Bildes ist die Erkenntnis, daß sich die Niederschläge in der Süd-Nord- und in der West-Ost-Richtung stark verringert haben.

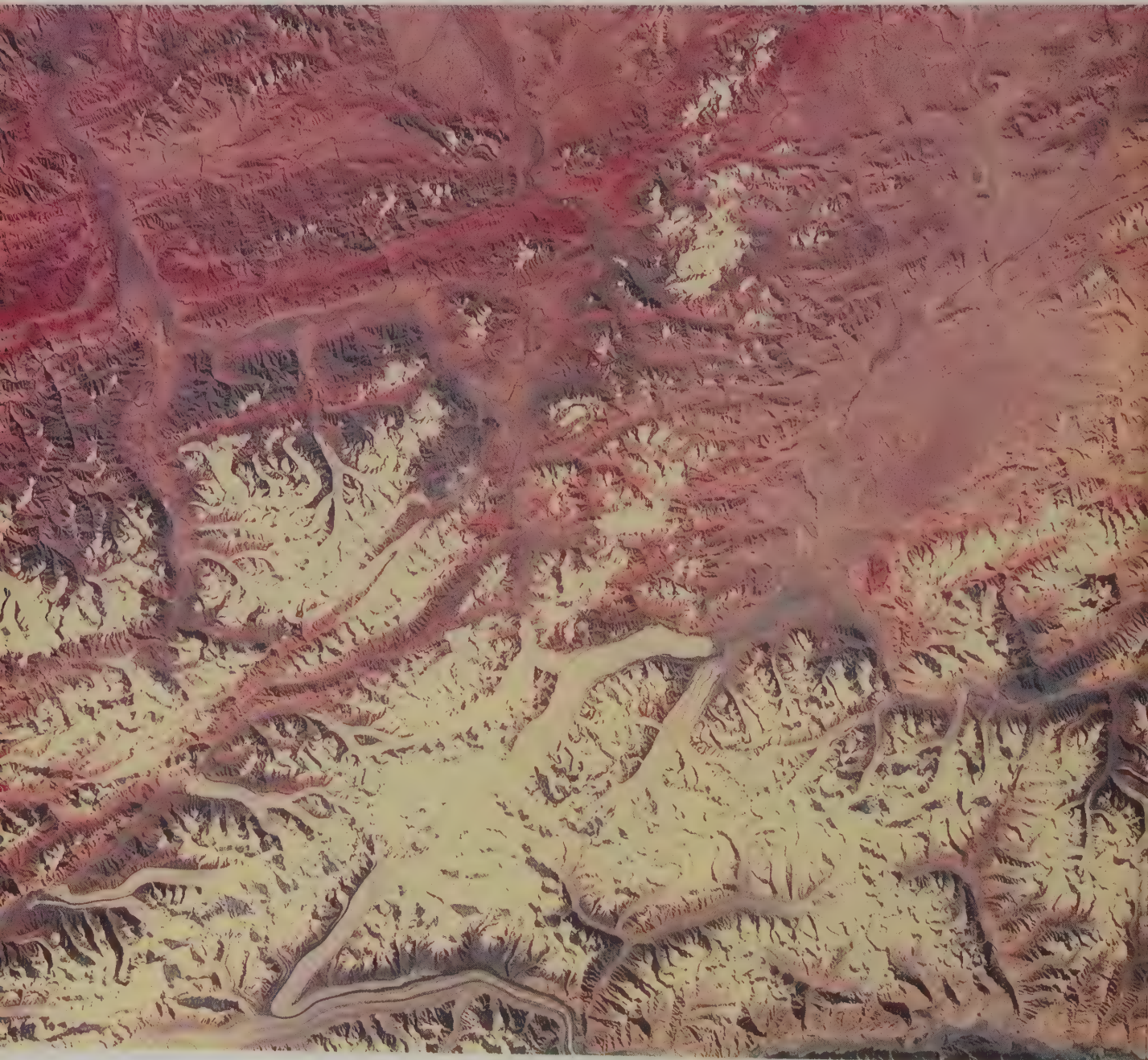


Abb. 105. Diese Aufnahme zeigt dasselbe Gebiet des östlichen Karakorum. Zwischen den beiden Fotos liegen fünf Jahre. Ein Vergleich der beiden

Abbildungen bei starker Vergrößerung mit einem Interpretoskop läßt darauf schließen, daß sich die Länge der einen Gletscher vergrößert und der

anderen verringert hat. Glaziologen verwenden zeitlich auseinanderliegende Orbitalbilder zum Studium der

Schwankungen der Vergletscherung im Karakorum.



Glaziologie steht, konnte festgestellt werden, daß allein im Pamir in manchen Jahren bis zu zehn Gletschervorstöße stattfinden. Man nimmt an, daß die Glaziologen seit 1972 keine größere Gletscherpulsation in diesem Raum übersehen haben.

Ein Ergebnis der jahrelangen Orbitaluntersuchung des Glazialkomplexes Pamir ist die von L. W. Dessinow und K. P. Rototajew erarbeitete Karte der Pulsationsgletscher dieser Region. Die Karte befindet sich im Atlas der Schnee- und Eisvorkommen der Welt (Abb. 102).

Ähnliche Untersuchungen wurden auch an den Gletschern des Karakorum durchgeführt. Die von L. W. Dessinow, W. M. Kotljakow und G. A. Nossenکو nach den Angaben kosmischer Aufnahmen zusammengestellte Karte der Pulsationsgletscher des Karakorum ist auf der Abbildung 103 zu sehen. Den Grad der Vergletscherung des Karakorum im Sommer 1978 und 1983 veranschaulichen die Abbildungen 104, 105. Auf den Bildern steht der Siachen-Gletscher im Mittelpunkt, der flächenmäßig (600 km^2) in Eurasien keinen Rivalen hat. Sogar der 2 km längere Fedtschenko-Gletscher hat eine geringere Gesamtfläche. Der 75 km lange Gletscher reicht an den Oberlauf eines anderen Giganten heran – an den Baltoro-Gletscher mit einer Länge von 62 km. Dieser schiebt sich im Biapho-Flußtal dem gleichnamigen 68 km langen Gletscher entgegen. Der Baltoro-, Siachen- und Rimo-Gletscher bilden zusammen ein riesiges Glazialfeld, von dem nach allen Richtungen Zungen kleinerer Gletscher abgehen.

EXPERIMENTE IM KOSMOS

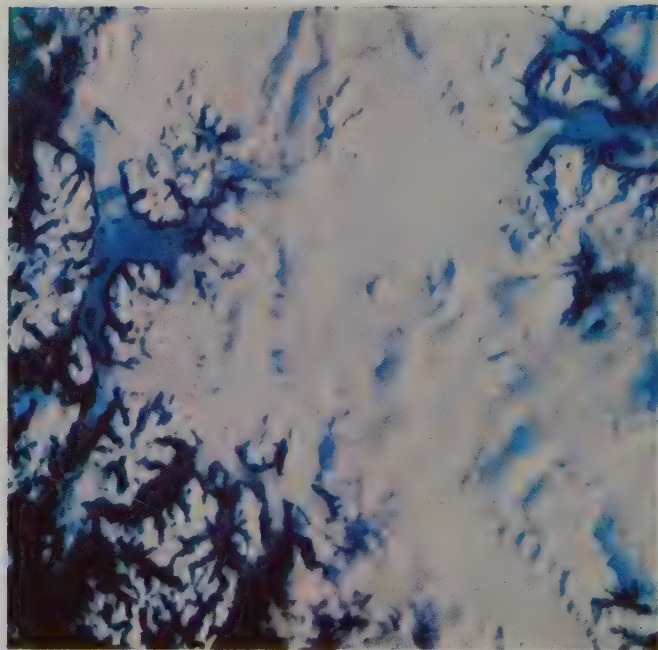
Die spezifischen Bedingungen des Orbitalfluges – die Schwerelosigkeit und das umgebende Vakuum – bieten die einmalige Möglichkeit, eine Reihe von Produktionsprozessen an Bord künstlicher Satelliten und Orbitalstationen vorzunehmen.

Die Schwerelosigkeit erlaubt beispielsweise, homogene Materialien im Schmelzverfahren herzustellen. Von vielen Materialien wird verlangt, daß sie gewisse nützliche Beimischungen enthalten, die im ganzen Werkstück gleichmäßig verteilt sein müssen. Unter den Bedingungen des irdischen Gravitationsfeldes wäre das praktisch unerreichbar. Wegen der Gewichtsunterschiede würden sich erstens

Abb. 106. Teil der Südpatagonischen Eiskappe zwischen 40° und 49° südlicher Breite

südlich davon gelegener Teil dieser Eiskappe, wo sich inmitten von Eis ein aktiver und mehrere erloschene Vulkane erheben.

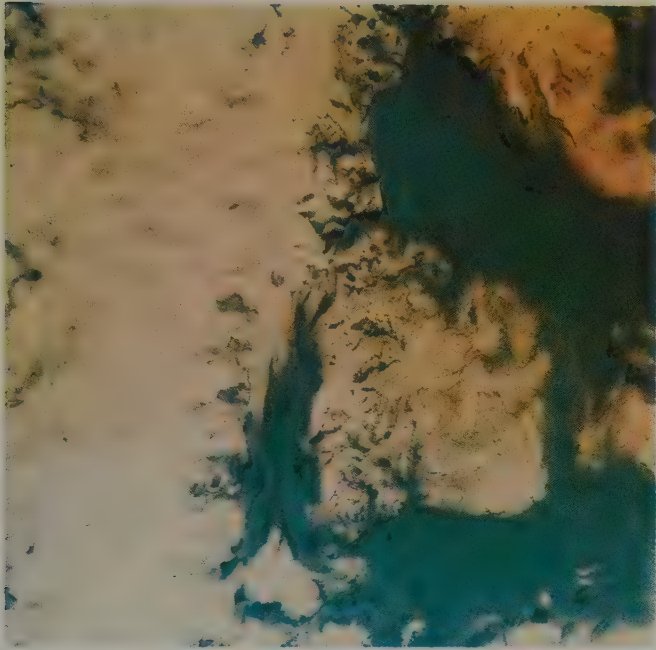
Abb. 107 (rechts). Ein



Der Zustand der Karakorum-Gletscher ist noch ungenügend untersucht. Die vorhandenen Informationen resultieren in der Regel aus zufälligen oder gelegentlichen Beobachtungen. Die noch fehlenden Angaben sollen nun durch kosmische Aufnahmen ergänzt werden.

die Beimischungen in der Schmelze entweder niederschlagen, oder aber sie würden emporsteigen. Zweitens kommt es im Zusammenhang mit der ungleichmäßigen Erhitzung der Schmelze zur Wärme konvektion, weil ein Teil des Schmelzguts die Wände des Behälters, in dem es sich befindet, berührt, während die Methoden der Erwärmung unterschiedlich sind. Weniger erwärmte, d. h. schwerere Bestandteile tendieren zum Niederschlagen, stärker erwärmte (also leichtere) zum Emporsteigen. Darüber hinaus entsteht zwischen dem sich erhärtenden und dem flüssigen Stoff eine Übergangszone, in der sich Ungleichartigkeiten und Fehler

Eine Aufgabe der glaziologischen Experimente ist die Klärung, welche Möglichkeiten die Orbitaluntersuchung dem Studium der Dynamik eines größeren Gletschersystems eröffnet. Zu diesem Zweck wurden die südpatagonische und die nordpatagonische Eiskappe in den Kordilleren ausgewählt.



gonische und die nordpatagonische Eiskappe in den Kordilleren ausgewählt.

Die gewonnenen kosmischen Angaben halfen die allgemeine Beschaffenheit der Vergletscherung in Patagonien zu erkunden, über die die Meinungen der Wissenschaftler auseinander-

ergeben, die die Festigkeit und andere Eigenschaften der Stoffe beeinträchtigen. In der Schwerelosigkeit gibt es dagegen keine Konvektion, was die Homogenität der hergestellten Materialien garantiert. Das ist bei der Gewinnung verschiedener Speziallegierungen und Halbleitermaterialien für die elektronische Industrie von außerordentlich großer Bedeutung.

Im Zustand der Schwerelosigkeit sind die Kräfte der Oberflächenspannung für das Verhalten von Flüssigkeiten ausschlaggebend. Ihrer Natur nach stellen sie Molekularkräfte dar und sind vom Vorhandensein oder Fehlen der Schwerkraft unabhängig. Deshalb eröffnen sich den

gehen. So nehmen die einen Glaziologen an, der Gletscherrückzug in dieser Region sei recht stark vorangeschritten, und der periodische Vorstoß und Rückgang einzelner Gletscher hänge mit der Verringerung der allgemeinen Eisstärke zusammen. Die anderen meinen, die Vereisung der östlichen Hänge der patagonischen Kordilleren gehe zurück, während die der westlichen unverändert bleibe, wobei einige Gletscher in Chile sogar vorrückten.

Um diese Frage zu klären, wurden von Bord der Station Salut 6 mehr als 30 Beobachtungen über den Südan den vorgenommen und dabei ca. 40 Fotos aufgenommen. Die Arbeiten begannen am 22. Dezember 1977 und dauerten mehr als zweieinhalb Jahre. Wenn für die Gletscher Patagoniens Sommer war, konnten die einzelnen Beobachtungen und Aufnahmen manchmal in einem Abstand von nur wenigen Tagen stattfinden. An einzelnen Tagen gelang es, innerhalb von zwei oder drei Erdumrundungen den gleichen Arbeitsumfang zu leisten. Im Ergebnis sind neue einmalige Angaben gewonnen worden.

Als Beispiel könnte der O'Higgins-Gletscher dienen, der sich von der südpatagonischen Eiskappe ostwärts in den San-Martin-See schiebt. Im Jahre 1935 hatte sich dieser Gletscher weit in den See hineingeschoben. Von 1935 bis 1963 zog er sich 8 km zurück. Es war anzunehmen, daß der Gletscherrückzug von der Bildung kleinerer Eisberge begleitet wurde. Alle Erforscher dieser Region (Abb. 106 und 107) berichteten tatsächlich über zahlreiche Eisschollen.

Am 22. Dezember 1977 bemerkte die Besat-

Gießereivorgängen bei kosmischen Flügen fürwahr ungeahnte Möglichkeiten. Ein Tropfen Flüssigkeit hängt beispielsweise bei Schwerelosigkeit frei im Raum, ohne an den Wänden anzukleben, und nimmt dabei unter dem Einfluß der Oberflächenspannung die Form einer Kugel an, d.h. eine Form, deren Oberfläche für den gegebenen Umfang minimal ist. Auf diese Weise bietet sich die Möglichkeit, im Vakuum Schmelzen ohne Behälter durchzuführen und Schmelzprodukte hoher Reinheit und Qualität zu erhalten. Die behälterlose Schmelze gestattet es, Materialien zu gewinnen, deren Herstellung auf der Erde unmöglich wäre, weil sie mit der feuerfe-

Abb. 108. Ein Kosmosbild, das die Abbildung 76 ergänzt. Das Gebiet des Pamir wurde aus der Gegenrichtung aufgenommen, als die

Orbitalstation das Alaital überflog. Der Pamir präsentiert sich dem Beobachter von zwei benachbarten Flugbahnen des Raumschiffes aus.



Abb. 109. Der höchste Gipfel der UdSSR – der Pik Kommunismus (7495 m) – liegt an der Grenze des Gebirges der Akademie der

Wissenschaften und des Peter-I.-Gebirges im Pamir. Die Aufnahme ist von Norden von der Seite des Fortambek-Gletschers her gemacht worden. Im



zung der ersten Hauptexpedition an Bord der Station Salut 6, daß der untere Teil der Zunge durch einen schmalen Wasserstreifen vom Gletscherkörper abgetrennt war. Infolge des langen Schmelzens der Gletscherzunge von oben und unten sowie durch hydrodynamische Einwir-

kung auf die Schwachstelle kam es zum Abspalten eines mehr als 12 km² großen Eisfeldes. Im Verlauf von acht Tagen war der Eisberg durch Windeinwirkung stark deformiert. Am 1. Januar 1978 zerfiel er in Hunderte verschieden große Blöcke. Am 10. März waren

sten Innenverkleidung des Schmelzofens in aktiver Wechselwirkung stehen würden.

Da Flüssigkeitstropfen in der Schwerelosigkeit eine Kugel von sehr genauer Form bilden, können im Kosmos Kugellager von außerordentlich präziser Form produziert werden. Sie zeichnen sich durch erhöhte Verschleißfestigkeit aus und werden in vielen Zweigen der Volkswirtschaft gebraucht. Außerdem wäre es möglich, im Weltraum die Produktion hohler Kugeln im nahtlosen Verfahren aufzunehmen, wobei in das flüssige Material Gas eingespritzt wird. In diesem Verfahren lassen sich hohle Kugeln beliebiger Abmessungen, mit

beliebiger Wandstärke und aus beliebigen Materialien herstellen.

Eine Besonderheit der Arbeit mit verflüssigten Metallen ist, daß sie bei Schwerelosigkeit in extrem kurzer Zeit eine sphärische Form annehmen. Ein dreißig Zentimeter langer Eisenstab, der nach Verflüssigung aus einem zylinderförmigen Gefäß mit 30-Zentimeter-Durchmesser herausgepreßt wird, soll laut Berechnung bereits nach zwei Millisekunden eine sphärische Form annehmen.

Interessante Möglichkeiten bietet die Raumfahrt den Hüttenwerkern, die den Schmelzprodukten bei Schwerelosigkeit mit Hilfe eines Magnetfeldes jede benötigte

Vordergrund: der Tramplinny-Gletscherbruch, der regelmäßig gewaltige Lawinen hervorbringt.

Abb. 110. Der Pik Lenin

im Transalaigebirge

Abb. 111. Der Pik Jewgenija Korshenewskaja von den Hängen des Pik Kommunismus aus

gesehen. Die drei Hauptgipfel des Pamir, die auf den Bildern zu sehen sind, sind begehrte Hauptziele der Bergsteiger aus dem berühmten

internationalen Alpinistenlager.



auf der Seeoberfläche lediglich wenige kleinere Eisberge übriggeblieben. Den Kosmonauten war es somit gelungen, die Entstehung eines riesigen Eisberges aus dem Gebirgsgletscher zu registrieren und seine rasche Auflösung zu verfolgen.

Optimierung der Boden-, Luft- und Raumfahrtbeobachtung von Schnee und Eis

Die Schnee- und Eisgebilde sind besonders veränderliche Komponenten der Umwelt. Die

Konfiguration verleihen können. Unter Ausnutzung der Oberflächenspannung können sie Schichtmaterialien herstellen, wenn auf harte Schichten der einen Materialien andere verflüssigte Materialien aufzutragen sind.

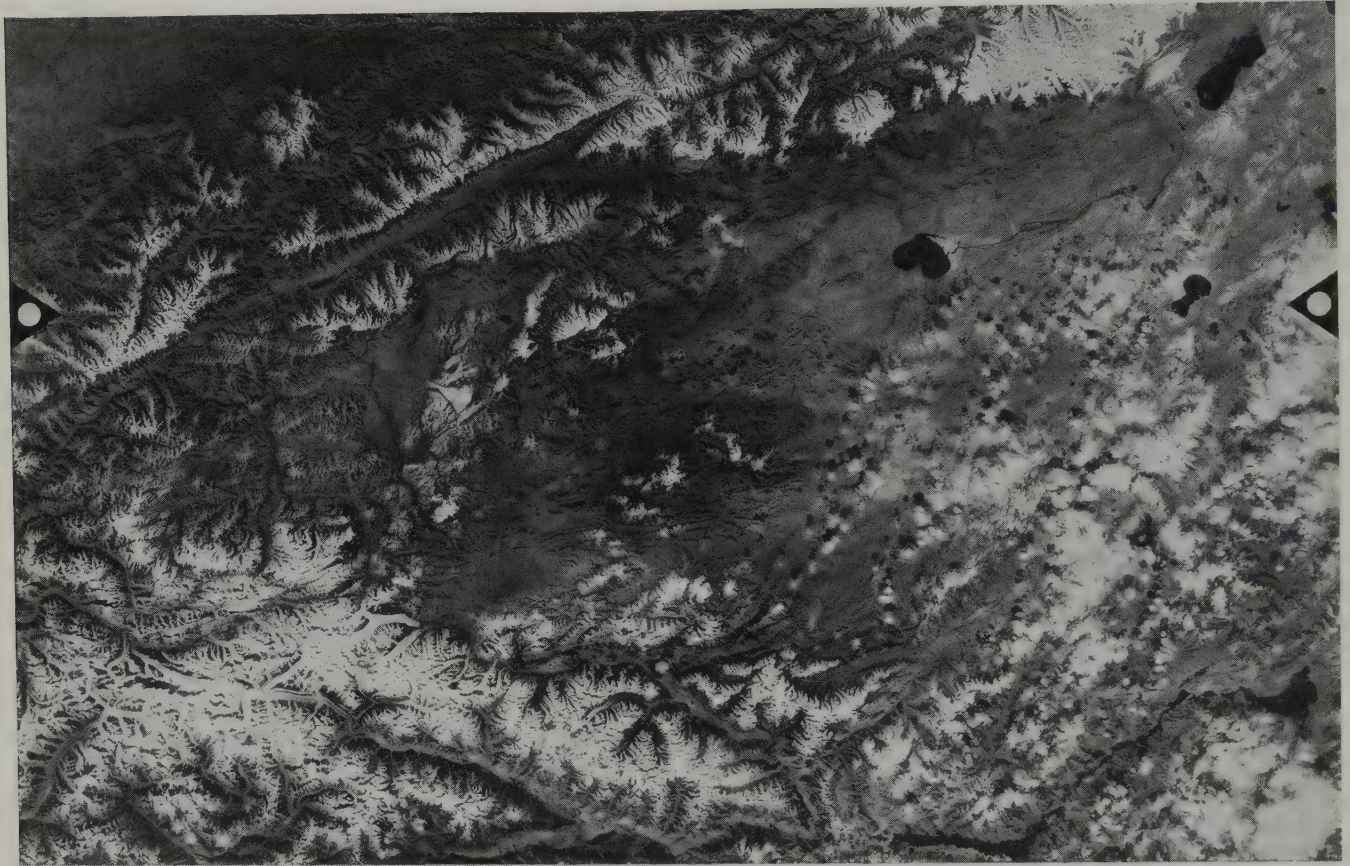
Große Aussichten eröffnen sich auf dem Gebiet der Produktion verschiedenartiger Verbundwerkstoffe wie Leichtmetalle oder Legierungen, die mit Fasern festerer und schwererer Materialien verstärkt sind. Bei ihrer Herstellung ergießt sich Flüssigmetall unter dem Einfluß der Oberflächenspannung über eine verfestigende Bewehrung. Eine besondere Auswahl von Ausgangskomponenten kann dem Verbundwerkstoff

solche vorgegebenen Eigenschaften wie Schwerschmelzbarkeit, eine erforderliche elektrische Leitfähigkeit und andere verleihen. Die Anwendungsgebiete der Verbundwerkstoffe wären die Luftfahrt, die Raketen- und Raumfahrttechnik, der Turbinenbau, das Bauwesen, die Schwerindustrie und die Konsumgüterproduktion.

Die Bedingungen des Orbitalfluges bieten ferner die Möglichkeit, Schaummaterialien aus den verschiedensten Stoffen herzustellen, weil der flüssige Schaum beliebiger Stoffe in der Schwerelosigkeit stabil existieren kann, was eine wahre Revolution auf dem Gebiet des Bauwesens und des Maschinenbaus heraufbeschwört.

Abb. 112. Anhand
derartiger
Satellitenfotos werden
Schemata zur
Untersuchung von
Gebirgsregionen
angefertigt.

Schwankungen ihrer Masse und Ausmaße sind
saisonbedingt oder hängen von über Jahre
währenden Prozessen ab. Wegen ihrer bedeu-
tenden Schattierungskontraste sind sie mittels
Fernbeobachtung aus der Luft und aus dem



Bei Schwerelosigkeit lassen sich Kristalle
theoretisch beliebiger Abmessungen züch-
ten, während auf der Erde die Größe und
Qualität von Kristallen durch die Gra-
vitation begrenzt sind. Größere im Kosmos
hergestellte Monokristalle mit hohem
Reinheitsgrad werden in zukunftsorientier-
ten Rechenmaschinen, in satellitennutzen-
den Fernmeldesystemen, Funk und Fern-
sehapparaturen Anwendung finden. Wegen
ihrer hohen Herstellungskosten auf der
Erde und wegen ihrer relativ geringen
Bedarfmengen könnte übrigens die Pro-
duktion von Halbleiterkristallen auf der
Erdumlaufbahn besonders rentabel sein.

Die Schwerelosigkeit ermöglicht techno-

logische Prozesse zur Herstellung von
superreinem Glas. Ein solches Glas läßt sich
im Kosmos beispielsweise aus Oxiden von
Metallen (Titan, Zirkonium und Hafnium)
produzieren, was auf der Erde praktisch
unmöglich ist, weil hitzebeständige Ma-
terialien für die Herstellung von Guß-
formen fehlen. Im Kosmos wird man
Glassorten mit neuen optischen Eigenschaf-
ten herstellen können. Diese Sorten werden
für die Entwicklung zukunftsorientierter
optischer Systeme gebraucht.

In der Schwerelosigkeit könnte man
besonders reine und wirksame Arzneien
(beispielsweise Antibiotika, Vakzinen, bio-
logische Stimulatoren usw.) gewinnen. Die

Kosmos gut sichtbar. Für ihre Erforschung wäre deshalb die Schaffung eines ständigen Boden-, Luft- und Kosmosbeobachtungsdienstes sehr nützlich. Er könnte die Schnee- und Eisverhältnisse, die Gebirgsgletscher und Eiskappen, ihre Menge, Veränderlichkeit und Verschmutzung erkunden.

Ein solcher Dienst müßte aus drei Arbeitsgebieten bestehen: dem Bodendienst (Forschungsexpeditionen und ein Netz von Stationen für Beobachtungen und Messungen auf einzelnen Gletschern und glaziologischen Testabschnitten); dem Luftbeobachtungsdienst (visuelle Beobachtungen und Aufnahmen von Flugzeugen und Hubschraubern); dem kosmischen Beobachtungsdienst (Aufnahmen der Schnee- und Eisdecke von Bord künstlicher Erdsatelliten und Orbitalstationen, visuelle und Gerätebeobachtungen der Kosmonauten).

Wie das erste und das zweite Arbeitsgebiet beschaffen sein müßten, ist heute den Spezialisten im großen und ganzen klar. Erprobt sind zahlreiche Geräte und Vorrichtungen, verschiedene Typen von Flugzeugen und Hubschraubern stehen im Einsatz. Jetzt kommt es darauf an, die Möglichkeiten des kosmischen Dienstes einzuschätzen und die dazugehörige Methodik der Beobachtungen und Aufnahmen auszuarbeiten. Sehr wichtig ist dabei das präzise Zusammenwirken zwischen den Bodenforschungsgruppen, den Luftbeobachtern und den Raumfahrern.

Eine Besonderheit der Umlaufbahn der Station Salut 6 bestand darin, daß sie täglich fast

um die Hälfte des Bahnnumlaufabstandes zur Seite abwich und an jedem zweiten Tag dieselben Gebiete überflog. Das gestattete, Informationen über die Dynamik der Schneedecke und der Gletscher sowie über die Bewegungsrichtung der Eisberge zu sammeln und Experimente mit verschiedenen Fotonegativen durchzuführen.

Die Hauptschwierigkeit bei der Realisierung der Experimente waren die kurzen Zeitabstände, in denen die Objekte studiert werden konnten. Da die Bahngeschwindigkeit der Station 7,8 km/s betrug, blieb für die Beobachtung in der Regel kaum mehr als eine Minute. In dieser Zeit mußte der Kosmonaut die jeweilige Gegend ausmachen und in die Landkarte „einpassen“, anhand charakteristischer Orientierungspunkte das vorgegebene Forschungsobjekt finden, die Beobachtung durchführen, das Gesehene gedanklich erfassen und Fotoaufnahmen anfertigen. Um die Suche nach den Forschungsobjekten zu erleichtern, enthielten die dazugehörigen Bordunterlagen Landkarten und kosmische Aufnahmen, auf denen die Namen der Täler, Gletscher und der einzelnen Gipfel sowie andere erforderliche Erläuterungen eingetragen waren. Die Konturen eines auf der Aufnahme abgebildeten Territoriums wurden in die Landkarte eingezeichnet; Farbpfeile gaben die Richtungen an, aus denen sich die Station dem Forschungsgebiet in aufsteigender und absteigender Linie der Flugbahn nähern konnte.

Eine erhebliche Störung für visuelle Beobachtungen und Fotoaufnahmen ist die Wolkendecke. Im mehr als 70 Prozent der Fälle

Herstellung von Arzneien aus bakteriellen Kulturen unter irdischen Bedingungen setzt nämlich die Lösung von Problemen voraus, die mit dem Mangel an dem im Wasser aufgelösten und für die Bakterien notwendigen Sauerstoff, mit der Bildung von Niederschlag aus abgestorbenen und das Präparat verschmutzenden Mikroben sowie mit der Schaumbildung zusammenhängen. Mit anderen Worten: Es müssen solche Bedingungen für die Entwicklung von Bakterien geschaffen werden, unter denen sie atmen, sich ernähren und leben können. Zu diesem Zweck muß das ideale Vermischen der bakteriellen Kultur im Zuge ihrer Entwicklung gesichert werden. Unter

irdischen Bedingungen läßt sich das nur mit allergrößter Mühe, ja praktisch unmöglich realisieren. Obwohl es eine Reihe von Methoden gibt, die man gegenwärtig anwendet, weisen sie verschiedene Nebenwirkungen auf, die zu einer beträchtlichen Schädigung der zu züchtenden bakteriellen Kulturen führen können.

Experimente in künstlichen Erdsatelliten, bemannten Raumschiffen und Orbitalstationen haben gezeigt, daß bei Schwerelosigkeit das Wachstum der Mikroben aufs Doppelte beschleunigt werden kann. Dank dem Fehlen des Niederschlags besteht keine Gefahr, daß abgestorbene Mikroben die bakterielle

war die für die Beobachtung vorgesehene Gegend von Wolken verdeckt. Das machte eine Veränderung der für die Experimente vorgesehenen Fristen im Rahmen des Programms notwendig, damit die Beobachtungen der Objekte zu einer anderen Zeit bei günstigeren Wetterbedingungen durchgeführt werden konnten.

Auf der ersten Etappe diente als Versuchsgebiet der Pamir, wo die Hauptexperimente nach dem glaziologischen Programm verliefen.

Auf der Abbildung 108 ist der gesamte Pamir zu sehen. Das Orbitalbild wurde aus nördlicher Richtung – von der Seite des Ferganabeckens her – aufgenommen, als die Station die Stadt Osch überflog. In der Mitte des Berglandes liegen zwei große Gletschergebiete, die der Fedtschenko-Gletscher teilt, dessen Länge für Eurasien einmalig ist. Näher zum Beobachter im Vordergrund befindet sich der dritte Eisschild, den das Massiv des Piks Lenin krönt. Vor uns breitet sich das ausgedehnte Alaital aus. Hinter ihm sieht man die Senke des Karakulsee. Noch weiter südlich schimmert blau der Saressee, wo seit 1911 15 km³ Wasser durch einen Bergsturz gestaut sind. Im Süden und im Westen umrahmt den Pamir die Schlucht des Flusses Pjandsh.

Über den Gletschern und Bergrücken des Pamir erheben sich die drei Siebentausender: Pik Kommunismus (7495 m), Pik Lenin (7139 m) und Pik Jewgenija Korshenewskaja (7105 m). Auf den Abbildungen 109, 110 und 111 sind sie aus der Vogelperspektive zu sehen. Nur vermag kein Vogel die Gipfel dieser Berge

erreichen. Auch ein Hubschrauber wäre dieser Höhe nicht gewachsen. Diese Aufnahmen machen es möglich, den Pamir „von innen“ und „von außen“ zu sehen und seinen Eispanzer aus einer Höhe zu überblicken, aus der ihn Kosmonauten und Wissenschaftler untersuchen.

In der ersten Etappe der Experimente erhielt man zu fast allen aufgeworfenen Fragen positive Antworten. Während der Beobachtungen der morphologischen Struktur der Schneedecke konnten nur größere, durch Schneeegestöber entstehende äolische Formen ausgemacht werden. Die Schneemenge wurde nur indirekt und nicht sehr genau auf den einzelnen Abschnitten gemessen.

In der zweiten, der Hauptetappe, galten die Untersuchungen vorwiegend dem Studium der Dynamik der Gebirgsgletscher und der Morphologie ihrer Oberfläche, der Bestimmung des realen Auflösungsvermögens des menschlichen Auges und der maximal zur Verfügung stehenden Zeit für die Beobachtung verschiedener Gebirgsgletscher. Die Bordunterlagen enthielten ausführliche Schemata von den Pamirgletschern und ebenfalls Bodenaufnahmen dieser Gebilde. Das Schema des Biwatschny-Gletschers wurde beispielsweise in 40 Quadrate eingeteilt. Die Besatzung sollte fortlaufend über die einzelnen Komponenten der Gletschermorphologie berichten, die mit dem bloßen Auge und mit dem Fernglas beobachtet werden konnten. Gleichzeitig überprüften im Pamir Hubschrauberbesatzungen alle Mitteilungen der Kosmonauten.

Kultur verschmutzen. Dadurch wird ein hoher Reinheitsgrad der Arzneien erreicht.

Aussichtsreich für die Reinigung gezüchteter Mikrobekulturen von Beimischungen ist die Elektrophorese. Sie bedeutet eine Bewegung verstreuter fester Teilchen, flüssiger Tropfen oder Gasbläschen, die im flüssigen oder gasartigen Medium schweben. Unter irdischen Bedingungen findet die Elektrophorese nur eine begrenzte Anwendung, weil Wärmekonvektionsströme den Prozeß der Substanztrennung verschlechtern. In der Schwerelosigkeit ist eine feinere Substanztrennung möglich, weil in diesem Fall ein elektrisches Feld die Teilchen störungsfrei

sortieren kann. Im Rahmen des Experiments MA 014 wurde die Elektrophorese an Bord des Raumschiffes Apollo während seines gemeinsamen Fluges mit dem Sojus 19 durchgeführt, d.h. im Rahmen des sowjetisch-amerikanischen Programms Sojus-Apollo.

In diesen Richtungen führten die Kosmonauten komplizierte und mühselige Experimente zur Erprobung technologischer Prozesse unter den Bedingungen des Orbitalfluges durch.

Der Fliegerkosmonaut der UdSSR V. N. Kubassow erprobte im Jahre 1969 im Raumschiff Sojus 6 mit der Anlage „Vulkan“, die am J. Paton-Institut der

Eine Analyse der Beobachtungsergebnisse hat ergeben, daß beim hohen Detailkontrast der Landschaft (Mittelmoränenzüge, durch Flußwasserspiegelungen verursachte Sonnenkringel) das menschliche Auge ohne Fernglas imstande ist, ausgedehnte Landschaftselemente von nur 10 bis 15 m Breite zu unterscheiden. Beim geringen Detailkontrast kompakter Objekte (etwa Thermokarstgebilde an Gletscherzungen) verschlechtert sich dieser Wert auf 80 bis 100 m. Mit wachsender Erfahrung benötigen die Kosmonauten immer weniger Zeit, um das Versuchsobjekt zu finden. Bereits in der Mitte des 140tägigen Fluges erkannten die Kosmonauten jeden Pamirgletscher sofort, sobald er in ihr Blickfeld geriet.

Aus der kosmischen Flughöhe kann man innerhalb weniger Sekunden die saisonbedingte Schneegrenze auf einem Gletscher erkennen. Im Sommer während des aktiven Tauens der Gletscher erkennen die Kosmonauten die Umrisse von Gletscherzungen und die größten Bergschründe.

Von den vorrückenden Gletschern kann man die Konturen mit bloßem Auge verfolgen. Eine Reihe von Merkmalen weist auf die Pulsationsgletscher hin. Von derartigen Gletschern berichteten die Kosmonauten wiederholt beim Flug über dem Karakorum.

Visuelle Beobachtungen galten auch dem eventuellen Vorrücken des Wantschdara-Gletschers im Flußtal des Garmos. Am Ende der Beobachtungsperiode schätzten die Kosmonauten ein, daß die Entfernung zwischen dem

unteren Gletscherpunkt und der Toteislinse, einem Zeugnis des früheren Vorstoßes dieses Gletschers, 200 bis 250 m betrug. Tatsächlich waren sie voneinander etwa 350 m entfernt. Das spricht für die Möglichkeit, mit dem bloßen Auge die Toteismassen sicher auszumachen sowie die Wegstrecke des Gletschervorstoßes zu erkennen und einzuschätzen.

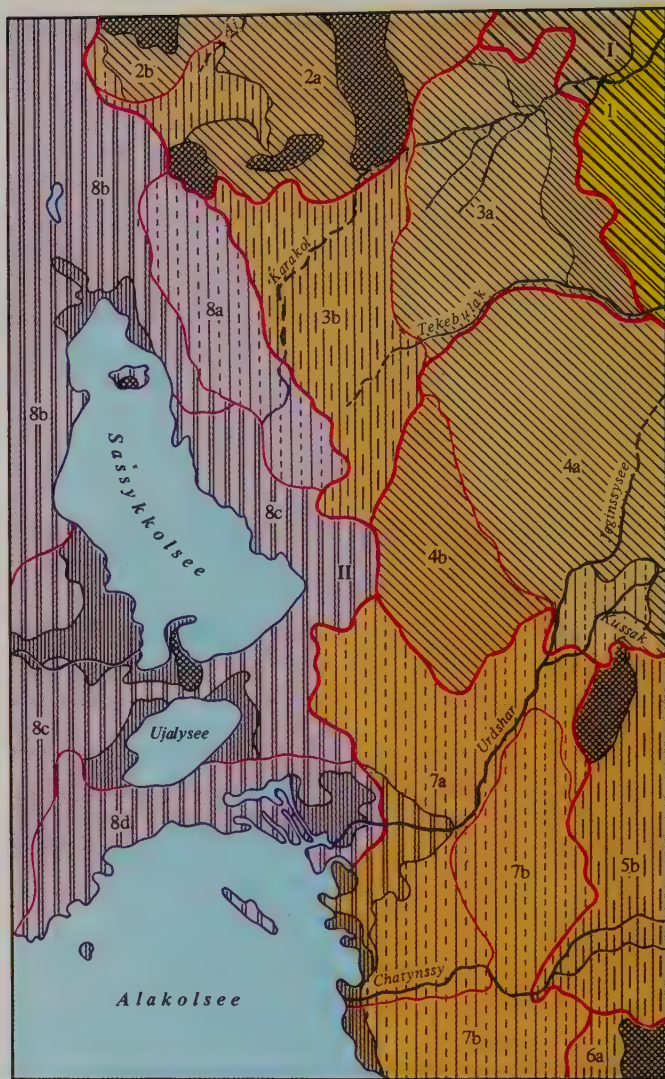
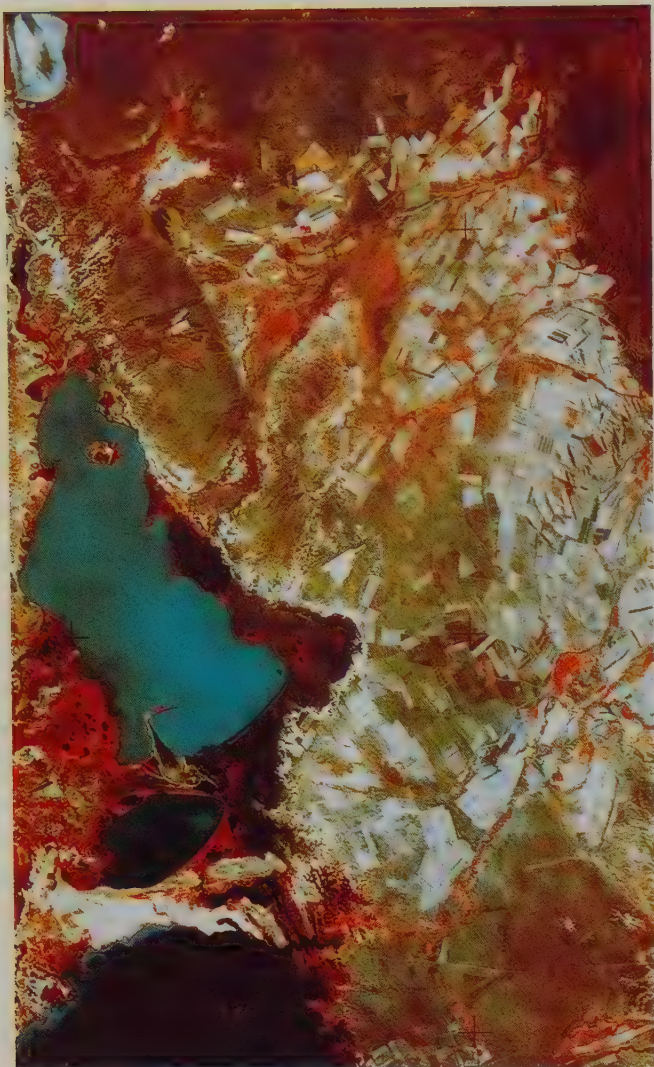
Beim Flug über dem Pamir beobachteten die Kosmonauten die schmelzende Zunge des pulsierenden Medweshi-Gletschers, dessen jüngster Vorstoß im Jahre 1973 stattgefunden hat. Völlig richtig registrierten sie die Spaltung des vorgerückten Gletscherteils durch den Fluß Abdukagor sowie das Vorhandensein eines zweiten Weges des Wasserabflusses aus einem von der Gletscherzunge angestauten See sowie dessen vollständiges Verschwinden im Sommer 1978. Der Stausee am Bolschoi-Saukdara-Gletscher (im Flußtal des Sauksais südlich vom Pik Lenin im Transalaigebirge) füllt und leert sich im Sommer seit Jahren mehrmals. Die Kosmonauten registrierten richtig die Entleerung dieses Sees und einen hellen Streifen an seinen Ufern, der sich nach dem Wasserabfluß durch Eisblöcke gebildet hatte.

Akademie der Wissenschaften der Ukraine unter Leitung des Akademiemitglieds B. Paton entwickelt wurde, verschiedene Methoden zum Metallschweißen bei Schwerelosigkeit.

Im Jahre 1975 wurden auf der Orbitalstation Salut 4 sowie während des gemeinsamen Fluges Sojus 19 – Apollo zahlreiche technologische Experimente und Arbeiten durchgeführt. Die Fliegerkosmonauten Klimuk und Sewastjanow stellten u. a. den Aluminiumbelag des Sonnenteleskopspiegels durch Aufstäuben von Metall wieder her, was die Reflexionsfähigkeit des Spiegels erheblich verbesserte. Bei demselben Flug wurde mit Hilfe der

Spezialanlage „Freon“ das Verhalten von Flüssigkeit bei Schwerelosigkeit untersucht. Während des gemeinsamen Fluges Sojus – Apollo führte man das interessante Experiment „Universalofen“ durch, um die Möglichkeiten zur Gewinnung von Verbundwerkstoffen (Gemisch aus Aluminiumpulver mit Wolframkugeln) und von Halbleitermonokristallen mit einer gleichmäßig verteilten Beimischung (Germanium mit Siliziumzusätzen) zu erforschen.

Im Jahre 1976 züchteten die Fliegerkosmonauten Wolynow und Sholobow an Bord der Orbitalstation Salut 5 u. a. Kristalle, stellten Metallkugeln her und löteten. Das kosmische Löten verlief auf



Geographische Räume

- Land Dsungarei-Tienschan
 I Provinz Tarbagatai
 1 Kysyl-Beldeu-Distrikt
 II Provinz Balchasch-Alakol,
 Subprovinz Alakol,
 Distrikte und Subdistrikte:
 2 Sejkreta (a, b)
 3 Karakol (a, b)
 4 Jeginsu (a, b)
 5 Makantschi-Kokterek (a, b)
 6 Arkarly-Baltobai (a, b)
 7 Chatynsu-Emel (a, b)
 8 Sasyk-Kol-Alakol (a, b, c, d)

Grenzen und Kennziffern

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| I | Provinzen |
| 5 | Distrikte |
| 5a | Subdistrikte |
| Natürliche Zonen | |
| | Wüstenzone |
| | Subzone typischer Wüsten |
| | Subzone steppendurchsetzter Wüsten |
| Höhengürtel | |
| | Wüstensteppen |
| | Steppen |

Landschaftliche Höhenstufen

- | | | | |
|--|----------------------------|--|--|
| | Flachgebirge | | Sasy-Hangfuß der Vorgebirgsbecken und Blinddeltas |
| | Vorgebirge | | Alluviale und seealluviale Ebenen |
| | Inselflachgebirge | | Seeterrassen |
| | Alluviale Vorgebirgsbecken | | Aquatische Stufen:
a) Versumpftes Schilfufer
b) Seen |

LANDSCHAFTSFORSCHUNG

Die Beobachtung der Erdoberfläche aus dem All eröffnete große Möglichkeiten für das Studium der jeweiligen Landschaft auf der Grundlage des Systemherangehens und der komplexen Analyse all ihrer Komponenten in ihrer Wechselbeziehung. Für die Landschaftsforschung werden orbitale Schwarzweiß- und Farbfotos benutzt. Umfangreiche Informationen über territoriale Naturkomplexe lassen sich aus synthetisierten Farbaufnahmen beim Multispektralfotografieren gewinnen.

Auf der Basis der landschaftlichen Strukturanalyse kosmischer Fotos ist es möglich geworden, ausgedehnte Territorien in ihre physiogeographischen Räume effektiv aufzugliedern. Dabei gibt es solche räumliche Einheiten wie physiogeographische Länder, Provinzen, Subprovinzen, Distrikte und Subdistrikte. Jede Landschaft weist auf dem kosmischen Bild eine charakteristische Palette dominierender und begleitender Farb- und Schattierungsstufen, verschiedener geometrischer Formen und Kontraste auf.

Die Abbildung 113 zeigt eine synthetisierte kosmische Farbaufnahme des östlichen Teils des Gebiets Alma-Ata im Raum des Sassykkolsees (seicht, hellblau) und des Alakolsees (tief,

dunkelblau). Die Abbildung 114 enthält ein Schema der naturräumlichen Gliederung dieses Gebiets, auf dem ein Landschaftsforscher die Grenzen der Distrikte und Subdistrikte, der natürlichen Zonen, der Höhen- und Landschaftsstufen feststellen konnte. Eine Vergleichsanalyse des Schemas mit den Landkarten dieser Region ergibt, daß der territoriale Naturkomplex seit der Zusammenstellung der Karte wesentliche Veränderungen erfahren hat. Wegen einer Hebung des Wasserspiegels änderte sich unter anderem die Uferlinie des Seebeckens. Das Schema bietet auch die Möglichkeit, die Naturbedingungen allseitig zu analysieren und zum Zeitpunkt der Aufnahme objektiv einzuschätzen. Solche Schemata können als Informationsstütze bei der Planung von Industrie und Landwirtschaft in dieser Region dienen.

Die synthetisierte kosmische Farbaufnahme 115 gestattet, die Folgen der anthropogenen Tätigkeit an der Nordwestküste des Kaspischen Meeres in der Kalmykischen ASSR zu verfolgen. Dieser territoriale Naturkomplex zählt zur Zone der Trockensteppen und Halbwüsten. Die Naturbedingungen werden entscheidend vom Kaspischen Meer beeinflusst, dessen Rückgang in den 60er und 70er Jahren die heutige Oberflä-

Abb. 113. Synthetisierte kosmische Farbaufnahme des Beckens des im Gebiet Alma-Ata (Kasachstan) liegenden Sassykkolsees und des Alakolsees

Abb. 114. Schema der naturräumlichen Gliederung des Beckens des Sassykkolsees und des Alakolsees

folgende Weise: Eine kleine Anlage von der Größe eines Schulranzens enthielt zwei sogenannte Exopakete, in denen während einer chemischen Reaktion große Wärmemengen frei wurden. Dieselben Pakete enthielten zwei Rohre aus nichtrostendem Stahl, an deren Berührungsstelle das Lot auf Mangan-Nickel-Grundlage befestigt war. Durch das gleichmäßige Zerfließen des Lots in der Schwerelosigkeit strebte man eine feste Naht an. Der Lötprozeß verlief bei einer Temperatur von 1200 °C. Das Ziel des Experiments war das Studium nicht nur der Lötnaht, sondern auch des Vorgangs der Exoerwärmung.

Wolynow und Sholobow untersuchten

ferner Besonderheiten der Wirkung von Kräften der Oberflächenspannung sowie das Strömen von Flüssigkeiten bei Schwerelosigkeit. Zu diesem Zweck befanden sich die Geräte „Sphäre“ und „Potok“ (Strom) an Bord. In dem einen Gerät wurden Kugeln aus einer besonderen Legierung hergestellt, im anderen Gerät untersuchte man den Betrieb der sogenannten Kapillarpumpe. Man befaßte sich auch mit anderen Experimenten, beispielsweise mit der Beobachtung des Wachstums von Kristallen in einer besonderen Anlage.

An Bord der Orbitalstation Salut 6 führte die internationale sowjetisch-tschechoslowakische Besatzung das technologi-

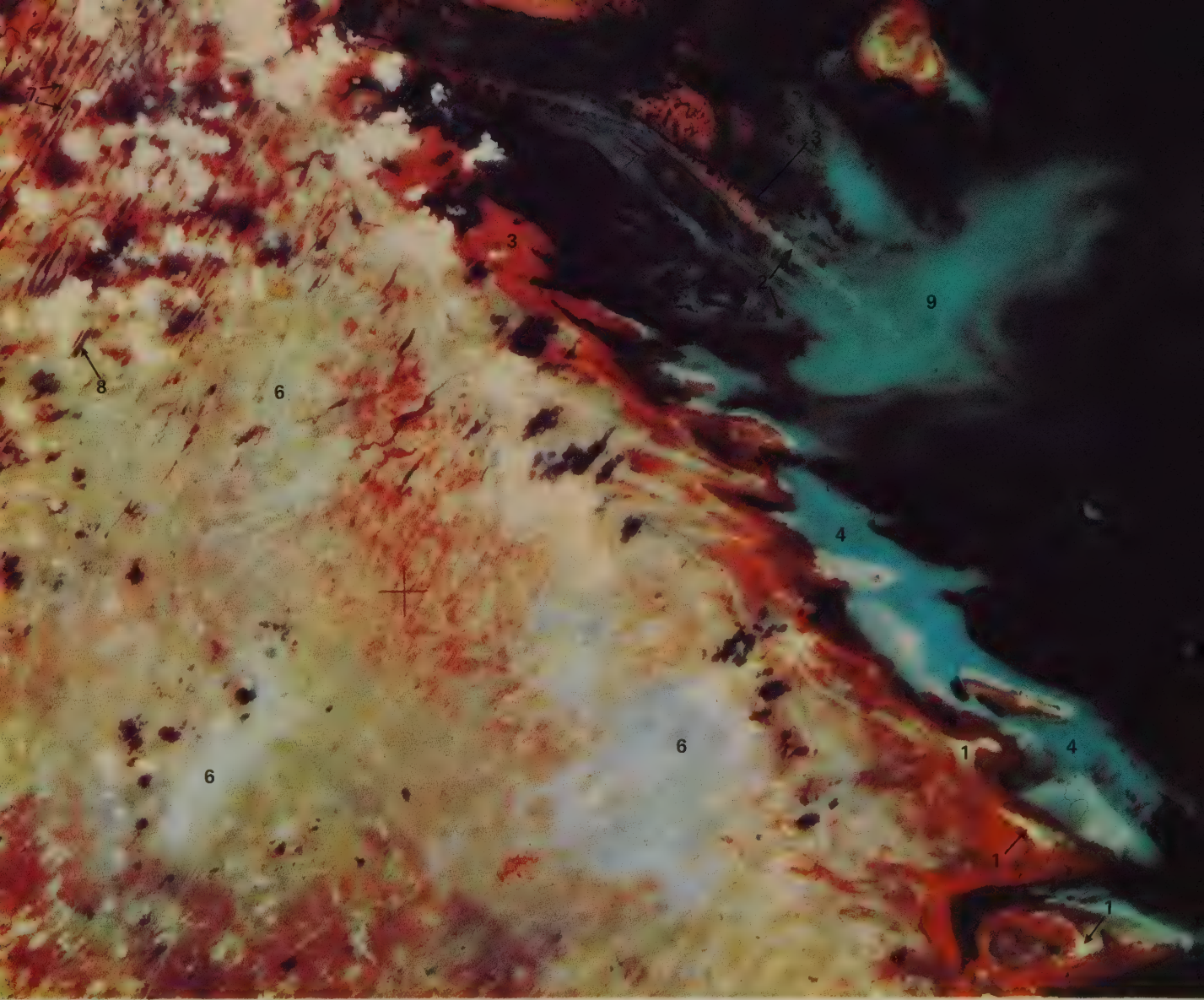


Abb. 115. Synthetisierte kosmische Farbaufnahme der Nordküste des Kaspischen Meeres und des südwestlichen Teils des Wolgadeltas

sche Experiment „Morava“ durch. Dieses bestand darin, daß die Besatzung in einem elektrischen Spezialofen („Splaw 1“) unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit verschiedene Metalle schmolz und Legierungen gewann, die sich unter irdischen Verhältnissen nicht herstellen lassen.

Eine Reihe interessanter technologischer und biotechnologischer Experimente stand auf dem Arbeitsprogramm der sowjetisch-kubanischen Besatzung während des Fluges mit der Orbitalstation Salut 6. Ein Experiment, es hieß „Multiplikator“, galt der Untersuchung des Einflusses der Schwerelosigkeit auf das Wachstum und die Vermehrung von Mikroorganismen. Ein

anderes Experiment „Zucker“ bestand im Studium der Wachstumsbesonderheiten des Saccharose-Monokristalls bei Schwerelosigkeit und in der Prüfung der Technologie für die Züchtung organischer Monokristalle aus Lösungen ohne Konvektion. Das Experiment „Karibe“ galt der Technologie für die Gewinnung von Halbleitermaterialien an Bord der Orbitalstation.

Technologische Experimente gehörten auch zum Arbeitsprogramm der Orbitalstation Salut 7. Während des Flugs der sowjetisch-französischen Besatzung wurden ebenfalls Prozesse der Gewinnung neuer Legierungen untersucht, die sich auf der Erde nicht herstellen lassen.

Abb. 116. Seichtes Gebiet vor der Nordwestküste des Kaspischen Meeres, wo neben kosmischen Aufnahmen gleichzeitig Beobachtungen zu Lande

und auf See durchgeführt werden, zu deren Objekten die Dynamik der Änderung der Küstenlinie und der Einfluß des Meerwassers

auf Schilfpflanzen, die Schwankungen des Wasserstandes unter der Einwirkung des Ab- und Auflaufwindes sowie der Wasserverhältnisse großer

Flüsse, die in dieses abflußlose Meer münden, zählen.



Kein einziger bemannter Raumflug wird in der Sowjetunion ohne biologische Experimente durchgeführt. Sie sehen nicht nur biotechnologische Aufgaben vor, sondern verhelfen auch zur Lösung von Fragen, die mit einem längeren Aufenthalt des Menschen im Kosmos zusammenhängen. Außerdem werden dabei Probleme gelöst, die sich bei der Einrichtung kosmischer Treibhäuser ergeben. Viele biologische Experimente dienen der Vervollkommenung der landwirtschaftlichen Produktion und der Arzneimittelherstellung. Zu diesem Zweck muß wahrscheinlich gerade im Kosmos eine Reihe von Fragen der Gentechnologie gelöst werden. Die Genetiker

wollen beispielsweise unter den Bedingungen eines Orbitalfluges die Erbanlagen von Pflanzen dahingehend verändern, daß man eine erhebliche Vergrößerung der Masse der Pflanzen und ihrer Abmessungen erreicht. Bei einem Erfolg würde sich die Möglichkeit bieten, höhere Ernten auf der Erde zu erzielen. Große, geradezu gigantische Pflanzen, deren Saatgut dem Einfluß der Schwerelosigkeit und der kosmischen Strahlung ausgesetzt wurde, könnten in Zukunft zur Grundlage einer erhöhten Ertragsfähigkeit landwirtschaftlicher Kulturen werden. Eine Serie ähnlicher Experimente unter der Bezeichnung „Rost“ (Wachstum) verlief



Abb. 117. Synthetisierte kosmische Farbaufnahme des Chamar-Daban-Gebirges südlich des Baikal. Eine derartige pseudocolorierte Abbildung des Mittelgebirges bietet gute Möglichkeiten, die Besonderheiten des Reliefs und der Pflanzendecke dieser Region zu untersuchen.

an Bord des Raumschiffes Sojus 22.

Der Mensch arbeitet immer länger im Kosmos. Die sowjetischen Kosmonauten Kisim, Solowjow und Atkow verbrachten 237 Tage im Weltraum. Die Dauer der bemannten Raumflüge wird auch weiterhin zunehmen. Damit die Menschen lange Zeit außerhalb unseres Planeten leben und arbeiten können, führt man auf den Orbitalstationen der Serie „Salut“ verschiedenartige medizinisch-biologische Untersuchungen und Experimente durch. Nachstehend werden einige von ihnen kurz beschrieben.

Während ihres Flugs in der Orbitalstation Salut 6 stellte die sowjetisch-ungarische Besatzung ein interessantes

Experiment mit der Bezeichnung „Interferon 1“ an. Sie untersuchte dabei, wie sich die Bedingungen des Raumfluges auf die Erzeugung von Interferon im menschlichen Organismus und in Zellkulturen auswirken. Es sei daran erinnert, daß Interferon ein Eiweiß ist, das im menschlichen Organismus bei dessen Ansteckung durch einen Virus gebildet wird und einen Schutz gegen diesen verleiht. Dieses Eiweiß verhindert die Vermehrung des Virus und erhöht die Widerstandskraft des Organismus bei der Bekämpfung einer Infektion. Inzwischen hat man gelernt, diese Substanz auf künstlichem Wege zu gewinnen. Nun heißt es, die kosmischen Bedingungen im Hinblick



Abb. 118. Gebirgsketten
des Chamar-Daban



che geformt hat. Der Rückgang des Meeres hat besonders in der Küstenzone deutliche Spuren hinterlassen. Dort befinden sich Niederungen mit Salzböden. Sie lassen sich durch die weiße Schattierung auf dem Foto leicht erkennen (1). Die Senkung des Wasserspiegels des Kaspischen Meeres erforderte eine Vertiefung der Schiff-

darauf zu untersuchen. Das ist eine zukunfts-trächtige Richtung der kosmischen Medizin.

Während des Fluges der sowjetisch-tschechoslowakischen Besatzung in der Orbitalstation Salut 6 liefen solche Experimente wie „Wärmeaustausch“, „Oxymetrie“ und „Medizinische Umfrage“. Ziel des Experiments „Wärmeaustausch“ war das Studium der Wärmeübertragung zwischen dem Körper des Kosmonauten und seiner Umgebung, d. h. der Kabine des kosmischen Komplexes. Denn bei Schwerelosigkeit hört der Wärmeaustausch aufgrund der natürlichen Konvektion auf. Wie wirkt sich das auf den menschlichen

Organismus aus? Die Antwort auf diese Frage sollte die weitere Vervollkommnung der Lebensicherungssysteme in Raumschiffen sowie die bessere Kenntnis der Wärmeregulation im menschlichen Organismus möglich machen. Für die komplexe Einschätzung der kühlenden Eigenschaften der Umgebung entwickelten die Spezialisten ein elektrisches dynamisches Kathetometer, das eine ganzheitliche Vorstellung von diesen Eigenschaften vermittelt und nach der Messung der Hauttemperatur an sechs Körperstellen über die Körperwärme des Kosmonauten Aufschluß gibt.

Das Experiment „Oxymetrie“ sah das Studium des Sauerstoffgehalts im Gewe-



Abb. 119 und 120. Auf der Rückseite: zwei Varianten einer synthetisierten kosmischen Farbaufnahme der Nordostküste des Kaspischen Meeres

be des menschlichen Organismus bei Schwerelosigkeit vor. Die Wichtigkeit derartiger Untersuchungen erklärt sich dadurch, daß bei Schwerelosigkeit eine Umverteilung des Bluts aus den unteren Teilen des Organismus in die oberen beginnt. Die Gefäße des Kopfes und des oberen Körperteils weisen einen verstärkten Blutzufluß auf, während die anderen Körperteile weniger Blut, also auch weniger Sauerstoff erhalten und dadurch beeinträchtigt werden. Zur Untersuchung der Sauerstoffversorgung verschiedener Körperteile wurde das Oxymeter entwickelt.

Das medizinisch-biologische Experiment „Medizinische Umfrage“ brachte Klarheit,

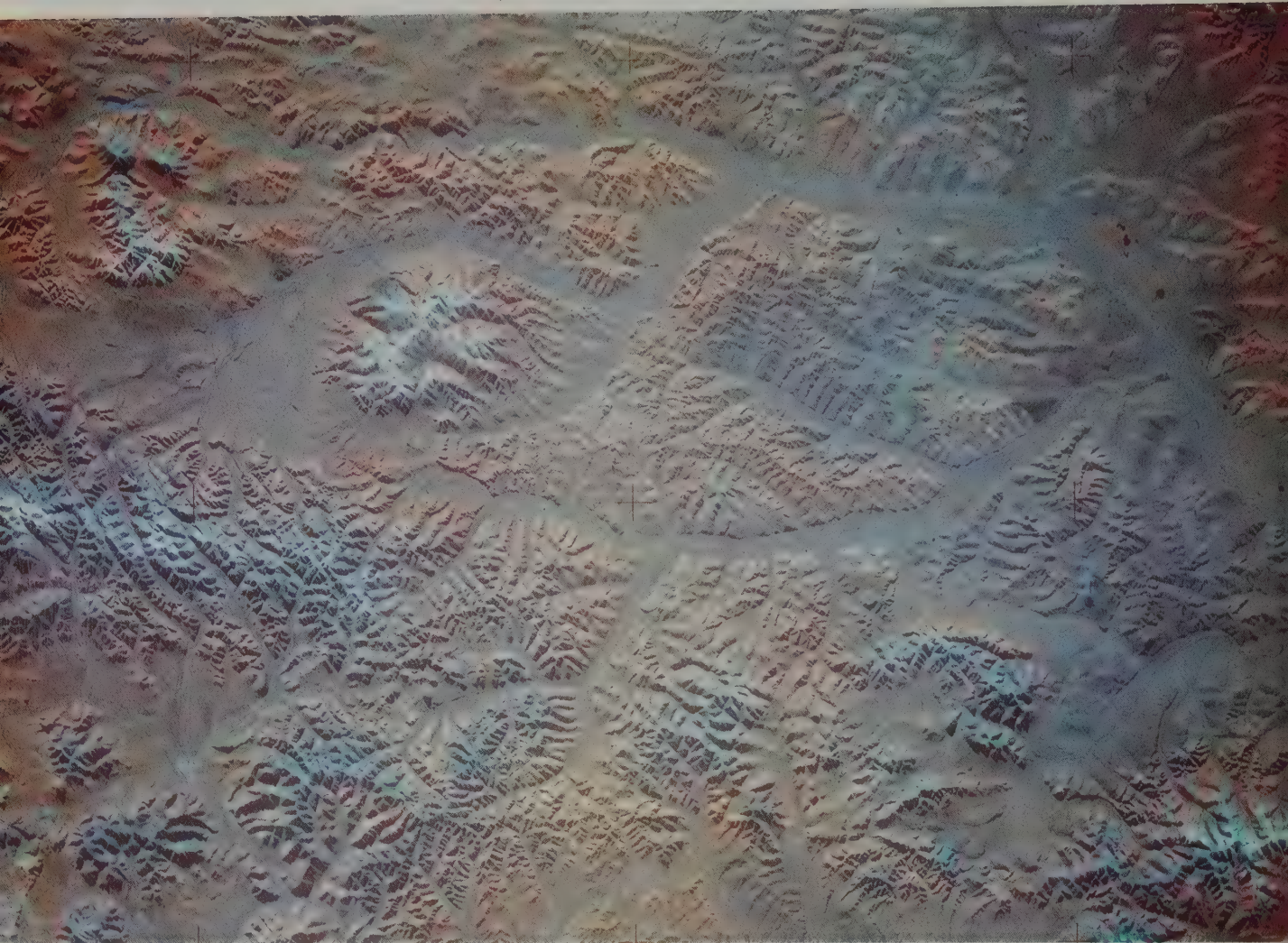
was den Einfluß der spezifischen Bedingungen des kosmischen Fluges auf den funktional-psychologischen Zustand des Kosmonauten betrifft. Diesem Zweck diente ein besonderer medizinisch-biologischer Fragebogen, den die Spezialisten der UdSSR, der ČSSR und der VRP zusammengestellt hatten. Diesem Fragebogen lag ein System der Selbsteinschätzung zugrunde, dessen Skala aus fünf Punkten bestand. Die Selbstbewertung der Kosmonauten sollte die weitere Vervollkommen der menschlichen Tätigkeit an Bord von Orbitalstationen fördern.

Aufnahmen auch beim Studium von Gebirgslandschaften.

Die synthetisierte Farabbildung 117 zeigt den Chamar-Daban-Bergrücken südlich vom Baikalsee. Die Chamar-Daban-Bergkette ist reich an Felsenkämmen und fällt zum Norden

Abb. 121. Synthetisierte kosmische Farbaufnahme des Omsuktschan-Bergrückens, der zwischen dem Balygytschan und dem Sugoi, den rechten

Nebenflüssen der Kolyma, im Nordosten Sibiriens liegt. Die pseudocolorierte Abbildung hebt das Sandschiefergestein, die Granitintrusionen sowie



steil ab. In den Bergen gibt es Schutt- und Steinfelder, deren Entstehung auf die häufigen Erdbeben mit Stärken zwischen 6 und 7 zurückzuführen ist. Das Gebirge beeinflusst wesentlich das Klima dieser Region. Im Winter erreicht hier die Schneedecke eine Stärke von 160 cm, während häufige Niederschläge die Bildung eines entwickelten Flußnetzes begünstigen. Die

Flüsse haben ein starkes Gefälle und ein tiefes Strombett, die Pflanzenwelt gehört zum Gebirgs- und Taigatyp.

All das ist auf dem kosmischen Bild 118 festgehalten, das die Grundlage für die Zusammenstellung einer Karte über die Pflanzenwelt dieser Region bildet. Meist in Flußtälern liegende Birkenwälder sehen auf dem Foto blau aus (1).

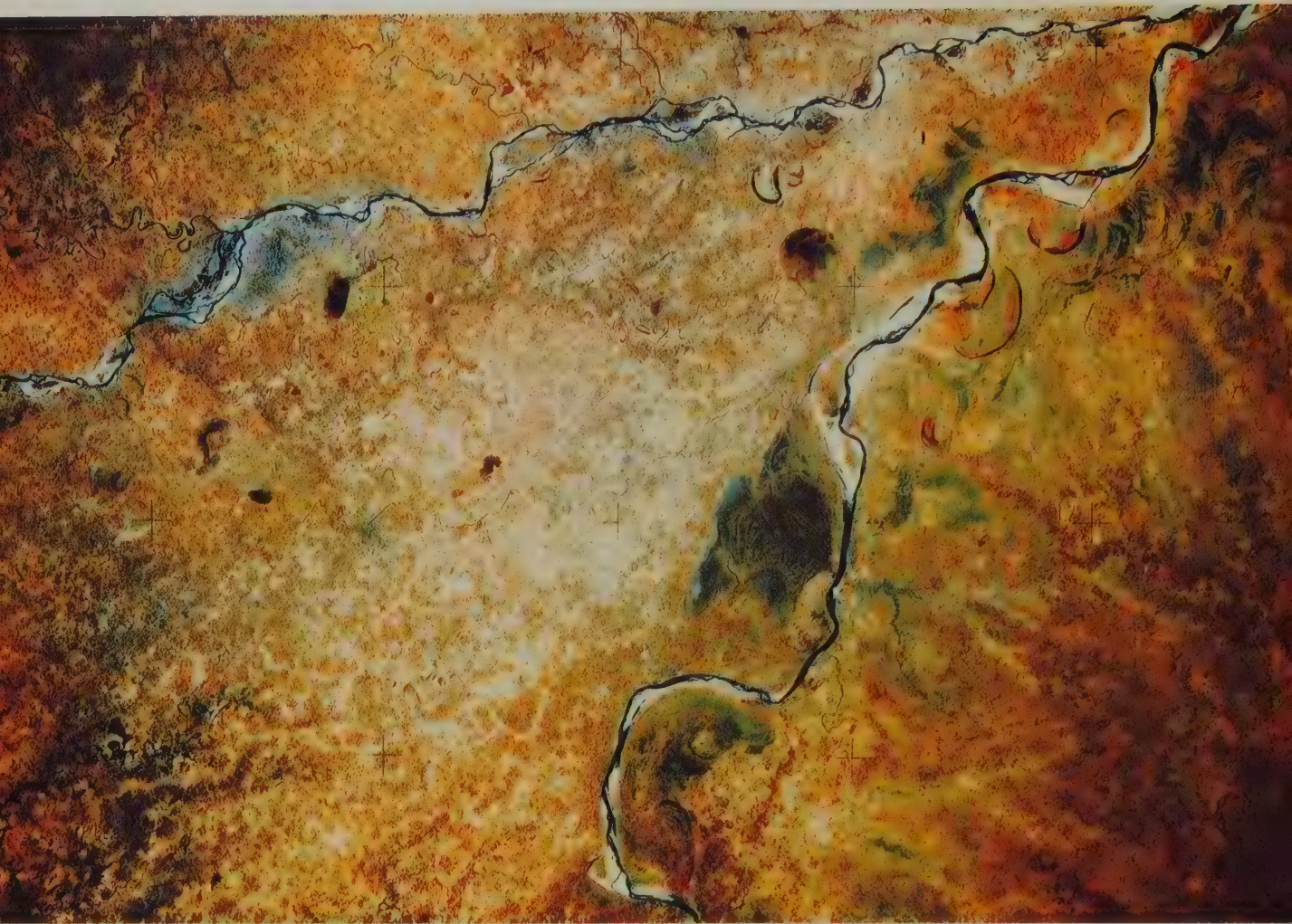
Vulkanitserien scharf hervor. Die wichtigsten Bodentypen dieser Region sind Tundrenböden der Berge, Taigaböden auf Dauerfrostboden und

alluviale Sumpfböden. Den oberen Gürtel der Berge bilden entwaldete Abhänge, in niedrigerer Höhe gedeihen Zirbelkiefer und Lärche.

Abb. 122. Synthetisierte kosmische Farbaufnahme der Umgebung der Stadt Agra südöstlich der indischen Hauptstadt Delhi. Dieses Bild wurde

von Rakesh Sharma gemacht.





Kleinere Flächen auf den Sandablagerungen der Flüsse sind mit Kiefernwäldern bewachsen (3). Auch Laubwälder heben sich heraus (4). Höher im Gebirge wachsen Zedernwälder (5), die auf dem Bild braungelb aussehen. Oberhalb der Zedernwälder liegen Abschnitte, die der Bergtundra ähneln und mit Flechten, Moos oder Geröll bedeckt sind.

Für eine vollständigere Analyse ein und derselben Landschaft benutzen die Fachleute oft verschiedene Varianten der Synthese von Farabbildungen, damit auf den einzelnen Fotos bestimmte Naturobjekte deutlicher hervortreten. Die Abbildungen 119 und 120 zeigen zwei Varianten synthetisierter Farbfotos der Nordostküste des Kaspischen Meeres

zwischen den Flüssen Ural und Emba.

Der Vergleich der beiden Varianten ergibt, daß sich bei der ersten die Wasser-Festland-Grenze (1), zahlreiche kleine Inseln (2), Küstensandbänke (3), mit Unterwasserpflanzen bedeckte Meeresgrundabschnitte (4) und Grenzen der Ausbreitung dieser Pflanzen (5) sowie Abschnitte mit sandigem Meeresgrund (6) klarer abzeichnen. Die zweite Variante eignet sich besser für das Erkennen und die Untersuchung vorwiegend natürlicher Festlandobjekte. Dabei lassen sich deutlich Strichdünen und Sandhügel mit unterschiedlichem Verfestigungsgrad erkennen: der verfestigte Sand (7), der halbverfestigte Sand (8) und der unverfestigte Sand (9). Gut erkennbar sind Salzböden (10),

Abb. 123. Synthetisierte
kosmische Farbaufnahme
des Zwischenstromlandes
von Ganges und Ghaghara
im indischen Staat Uttar
Pradesh. Das Bild

stammt von Rakesh
Sharma.

Abb. 124. Synthetisierte
kosmische Farbaufnahme
der Umgebung der Stadt

Gwalior in Indien. Dieses
Bild wurde von Rakesh
Sharma gemacht.





Hügel (11) und Senken (12) sowie eine Salzkuppel (13), deren Grenzen durch Erosionsrinnen markiert werden.

Das Flußnetz ist auf den beiden Varianten zu erkennen. Kontrastreicher sind aber bei der ersten Variante das Flußbett (14) und das Tal (15) des Urals, das Flußdelta der Emba, das aus mehreren Salzseen (16) und Nebenarmen (17)

besteht, sowie Abschnitte mit feuchtigkeitsliebenden Pflanzen (18).

Die synthetisierte orbitale Farbaufnahme 121 zeigt das Kolyma-Hochland (Gebiet Magadan) im Nordosten Sibiriens, darunter den Omsuktschan-Bergrücken, der sich wie ein schmaler Streifen in der Nord-Süd-Richtung zwischen den rechten Nebenflüssen der Kolyma

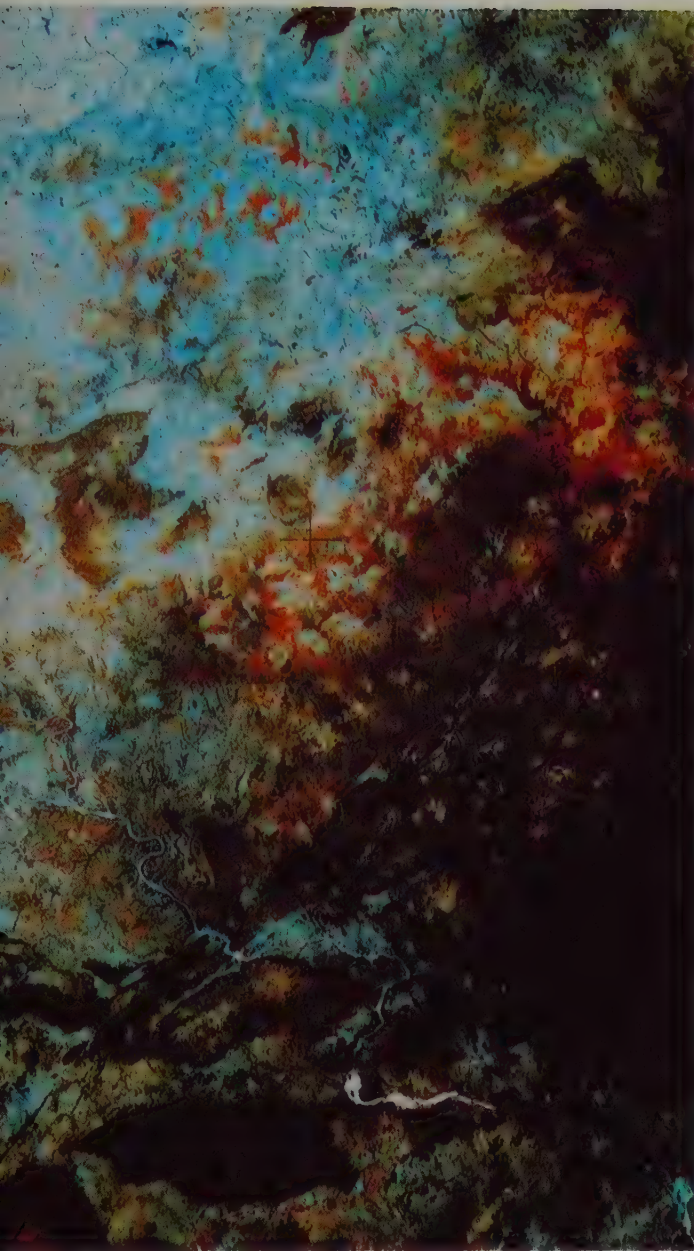


Abb. 125. Synthetisierte kosmische Farbaufnahme des Einzugsgebiets am Oberlauf des Flusses Son im indischen Staat Madhja Pradesh. Das

Bild stammt von Rakesh Sharma.

Im April 1984 führte auf Bitte indischer Wissenschaftler die Besatzung der Orbitalstation Salut 7 unter Beteiligung des indischen Kosmonauten Rakesh Sharma ein umfangreiches Programm landschaftlicher Untersuchungen auf dem Territorium Indiens durch. Diesem Programm lagen Multispektralaufnahmen zugrunde. Eine Schönwetterperiode während der Trockenzeit begünstigte die Gewinnung aussagekräftiger Aufnahmen. Die vier (von mehreren Hundert) hier abgebildeten Fotos vermitteln eine Vorstellung von der Landschaft Zentralindiens. Auf der Abbildung 122 ist eine landwirtschaftliche Region südöstlich der Hauptstadt Delhi beiderseits des Flusses Dschamna zu sehen, auf dem Foto 123 ist eine Agrarlandschaft am Zusammenfluß von Ghaghara und Ganges abgebildet. Das kosmische Bild 124 zeigt eine bewaldete Landschaft mit mosaikartiger Ackerlandstruktur unweit der Stadt Gwalior (300 km von Delhi entfernt), die Abbildung 125 enthält eine Gebirgslandschaft am Oberlauf des Flusses Son am nördlichen Wendekreis. Diese Serie kosmischer Aufnahmen hat eine hohe Wertschätzung seitens der indischen Experten gefunden. Die Aufnahmen verwenden sie für die naturräumliche Gliederung des Landes und die Zusammenstellung thematischer Karten.

Landschaftsforscher weisen darauf hin, daß die mit Handkameras hergestellten kosmischen Farbfotos eine wertvolle Ergänzung der mit stationären Fotokameras geschossenen Multispektralaufnahmen darstellen. Beim Fotografieren seltener Erscheinungen, die nicht in das Sichtfeld der am Raumschiff befestigten Fotoapparate geraten, hilft die einfachste Kamera. Die Abbildung 126 zeigt einen Staubsturm an der Küste Namibias, die Abbildung 127 den Ärmelkanal, dessen Wasser durch den intensiven Schiffsverkehr verschmutzt ist.

Die Bildperspektive macht in vielen Fällen die morphologischen Besonderheiten der Landschaft anschaulicher. Den Unterlauf des Nils

hinzieht. Diese Region mit ausgeprägtem Kontinentalklima, mit kaltem Sommer und frostigem Winter ist typisch für die Tundren- und Waldtundrenzone. Wegen sehr hoher Durchfeuchtung sind dort Böden entstanden, die den Taigagebirgsfrostböden und Tundrengebirgsböden ähneln, sowie zahlreiche Sümpfe in den Flußtälern.

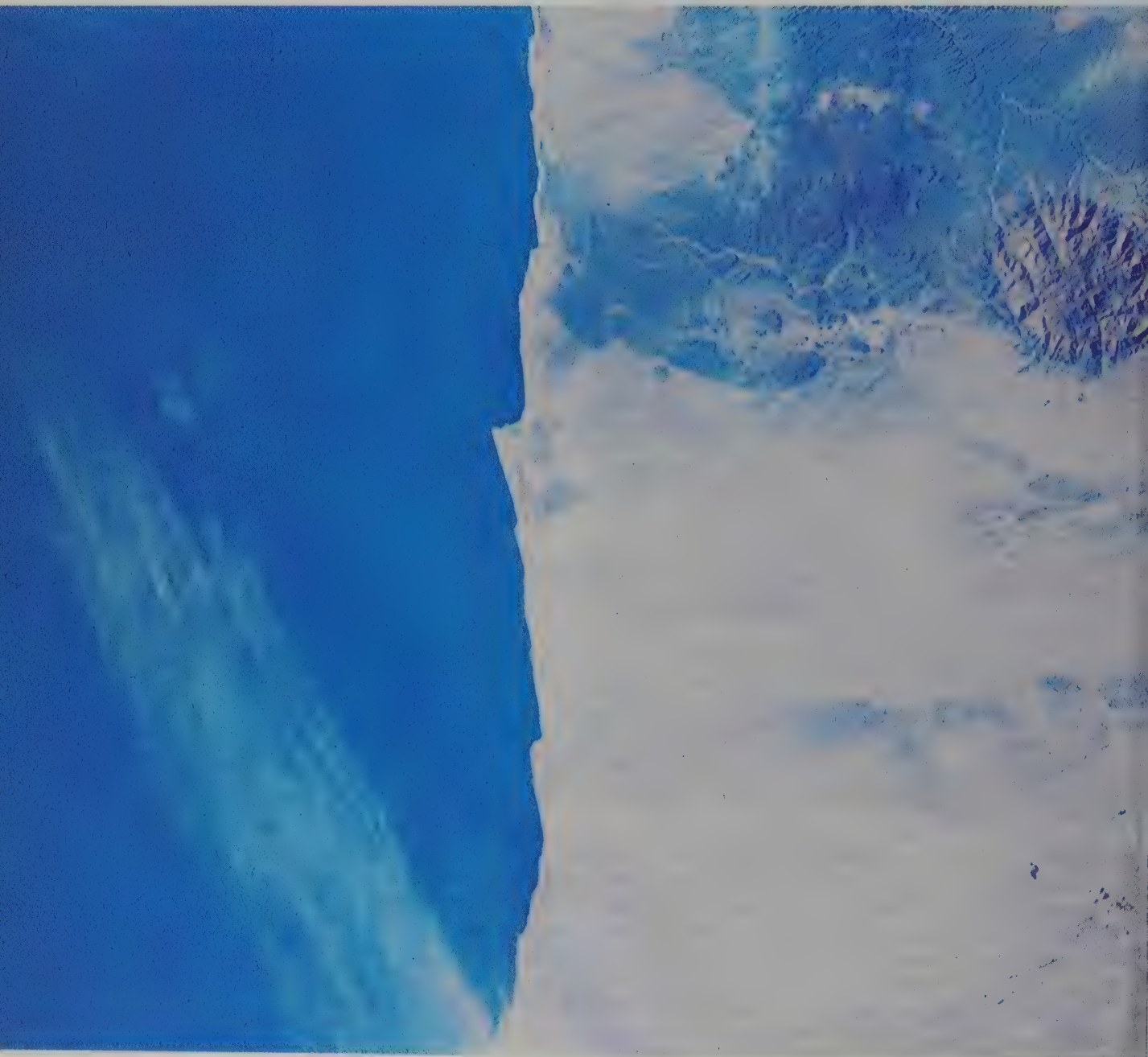
Abb. 126. Diesen
Staubsturm in der
namibischen Wüste
fotografierte der
Kosmonaut
G.M. Gretschko durch ein

Fenster der Orbitalstation
Salut 6. Das Foto erfaßt
die gesamte Sand- und
Staubfahne. Ein anderes
Mal beobachtete der
Kosmonaut einen Wind-

und Sandstrom, der in
der Tiefe der Wüste
Sahara begann, sich in
einem 300 bis 500 km
breiten Streifen auf den
Atlantik zubewegte und

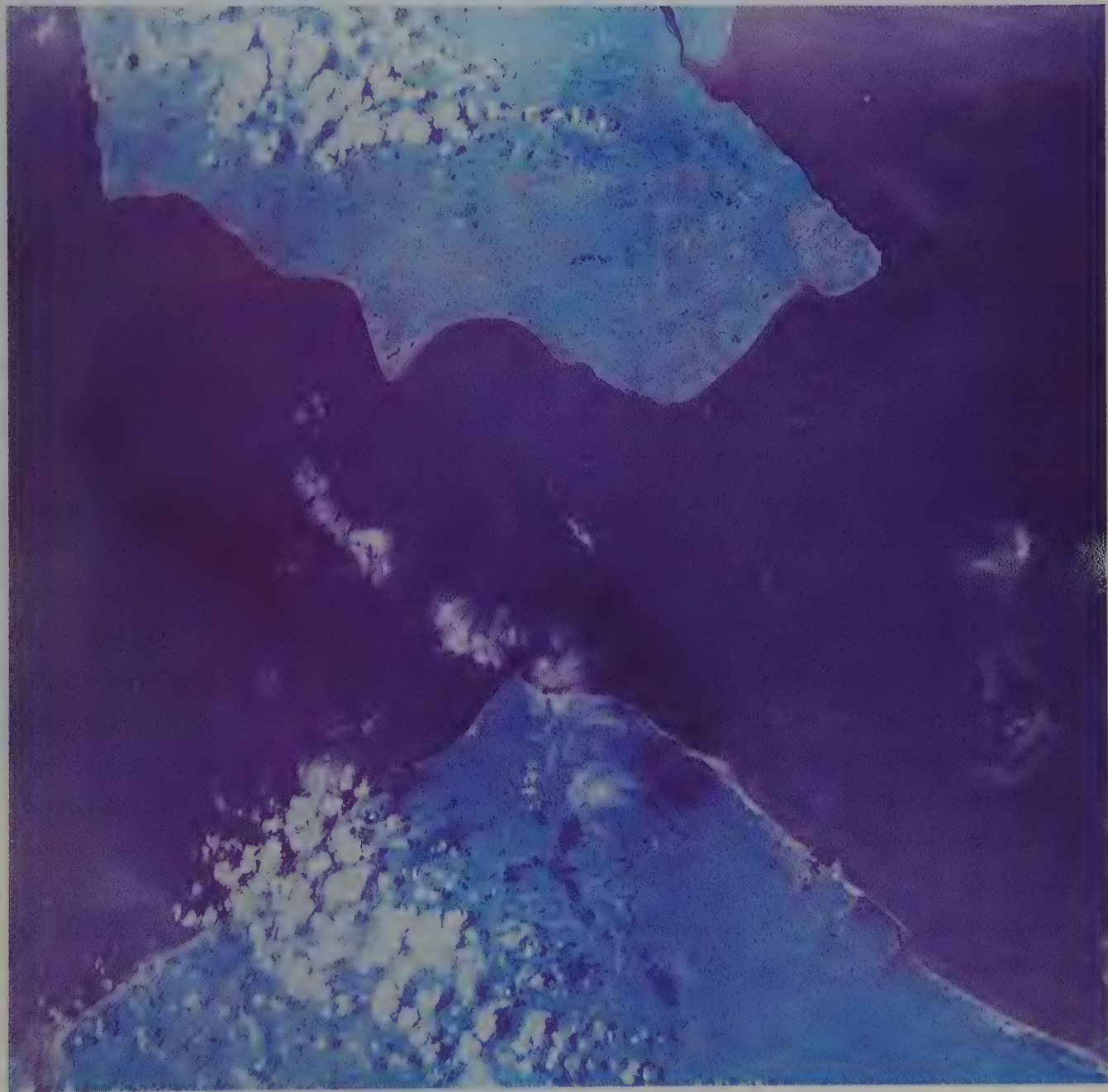
über ihm noch in einer
Entfernung von mehr als
2500 km zu sehen war.

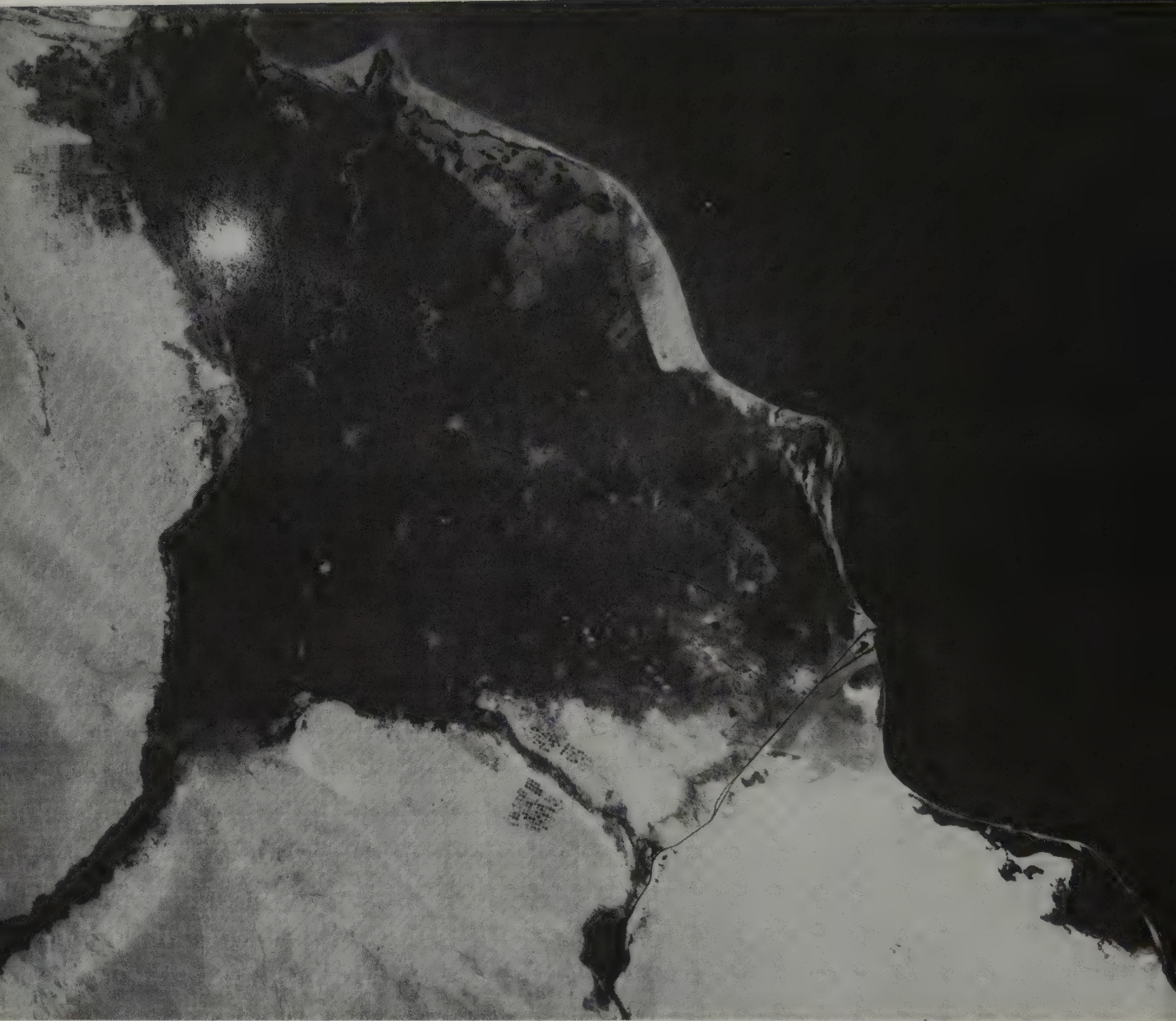
Abb. 127. So sieht aus
dem Kosmos der



Ärmelkanal aus, dessen
Wasser wegen des
intensiven Schiffsverkehrs
verschmutzt ist.

in Ägypten, eine der ältesten Regionen der
Weltzivilisation, sieht man beispielsweise auf der
Abbildung 128. Die geologisch-geographischen
Besonderheiten dieses Gebiets spiegeln sich beim
Fotografieren unter einem Winkel von etwa 40





Grad plastisch wider. Die Orbitalaufnahme 129 bietet die Möglichkeit, landschaftliche Besonderheiten längs des Suezkanals detaillierter zu sehen.

Kosmische Schwarzweißaufnahmen stehen den Farbfotos beim Studium kleinerer typologischer Landschaftskomponenten nach, zu denen Fazies gehören. Beim Kartographieren und

beim Studium größerer landschaftlicher Komponenten (beispielsweise landschaftlicher Regionen) sind jedoch orbitale Schwarzweißfotos von der Erdoberfläche recht informativ. Als Beispiel dient ein Panorama, zusammengestellt aus zwei Aufnahmen des Territoriums Kirgisiens (Abb. 130).

Auf dem Bild hebt sich die durch eine dünne

Abb. 128. Aus dem Orbit sieht der Suezkanal wie ein dünner Faden aus. Die Wüstenlandschaft hebt sich von den bewässerten

Ländereien des Nildeltas sehr deutlich ab.

Abb. 129. Blick aus dem Kosmos auf das Niltal und das Gebiet, das an

den Golf von Suez des Roten Meeres grenzt. Kein Kosmonaut bleibt gleichgültig, wenn er diese Gegend überfliegt, wo schon vor Jahrtausenden

altägyptische Wissenschaftler Karten des Sternenhimmels zusammengestellt hatten.

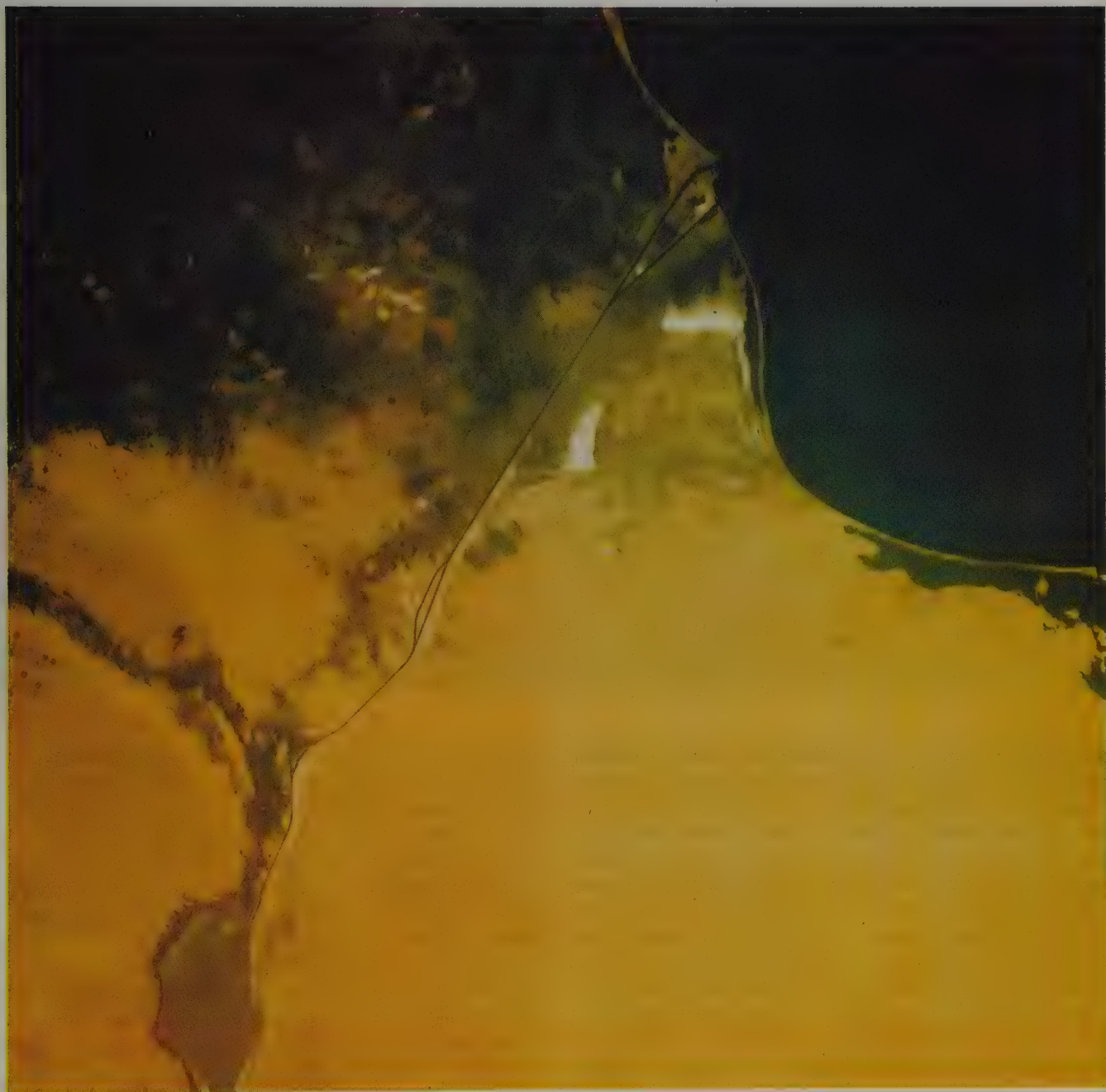
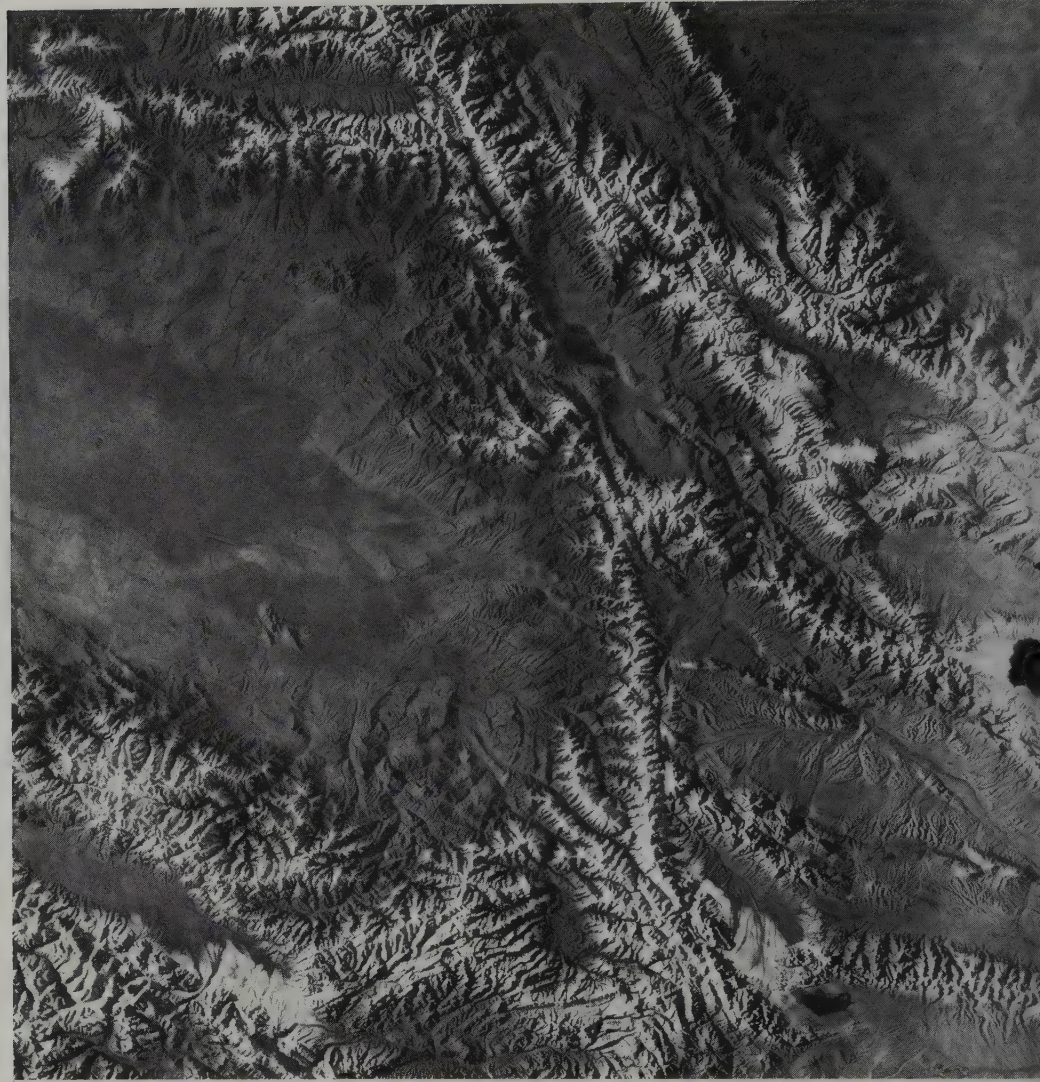


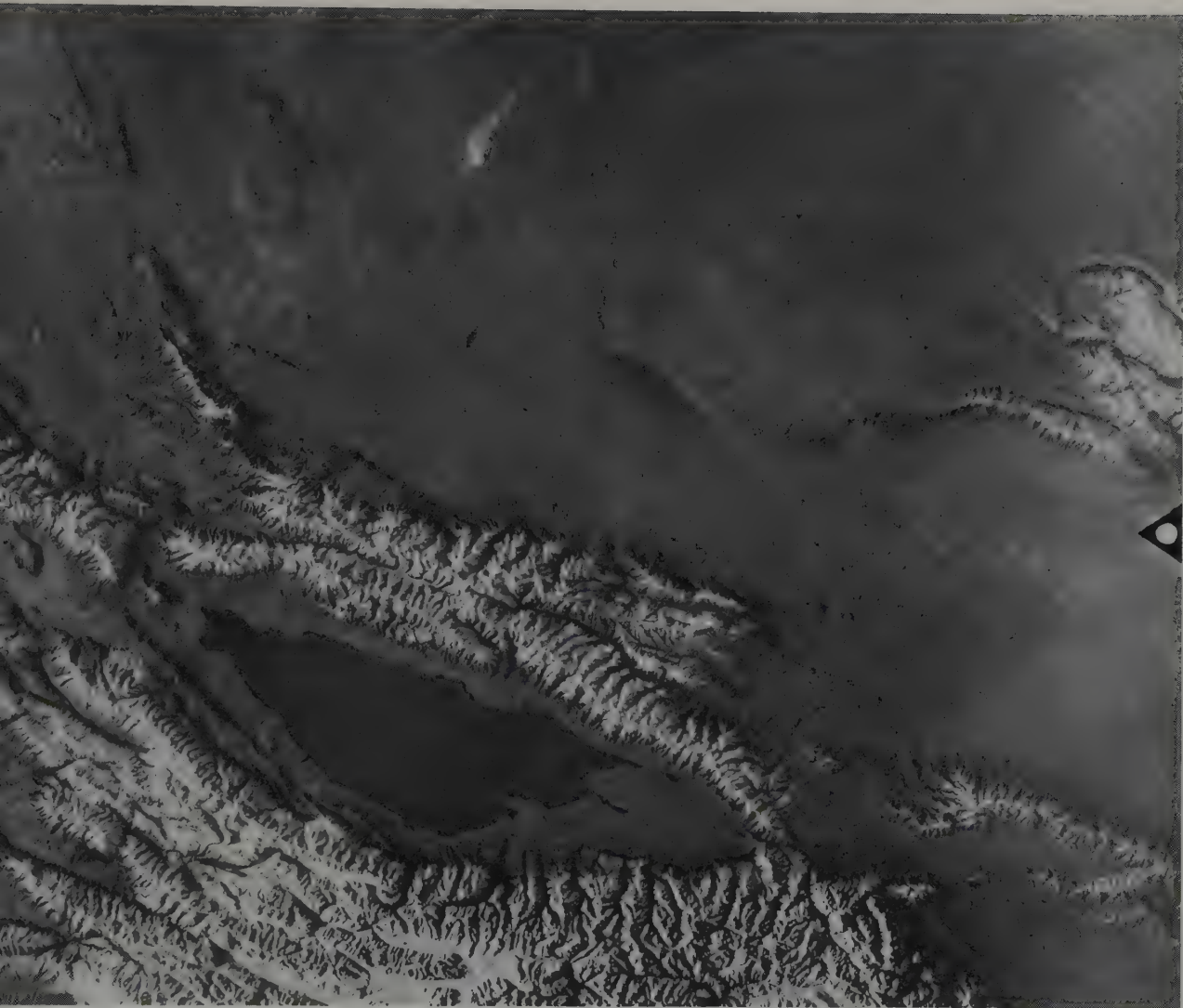
Abb. 130. Dieses Panoramabild des Territoriums Kirgisiens, Südossetiens und Südkasachstans besteht aus zwei Aufnahmen, die mit der Kamera KATE 140 gemacht worden sind. Die Schneedecke betont die orographische Gliederung des Tianschan. Auffallend ist die Linie des Talas-Fergana-Bruchs. An dieser tektonischen Hauptlinie sind Erdbebenherde konzentriert. Die Aufnahme kann als Lehrbehelf dienen, das ein ausgedehntes Bergland zeigt, in dem zahlreiche Gebirgsketten mit intramontanen Depressionen wechseln.



Schneedecke betonte geologische Struktur heraus. Gut sichtbar ist die naturräumliche Gliederung: von den Sandwüsten in der Ebene bis zum ewigen Schnee des nival-glazialen Hochgebirgsgürtels. Diese Aufnahme kann als gutes Lehrbehelf dienen und erfaßt den größeren Teil des sowjetischen Tianschan und die anliegenden Ebenen Kasachstans. Es fällt auf, daß der Tianschan ein System ost-west und etwa ost-west streichender Gebirgsketten darstellt. Im Westen wird es vom Ferganagebirge und im Osten vom Meridionalny-Bergrücken begrenzt. Zwischen diesen Wasserscheiden liegen Innensenken, un-

ter denen das Becken des Issyk-Kul-Sees die größte Innensenke ist. Der orographisch komplizierte Gebirgsknoten im unteren Teil des Bildes liegt dort, wo der Tianschan und das Pamir-Alai-Gebirge zusammentreffen.

Ausgedehnte Sandwüsten im nördlichen Bildteil sind von der steinigen Halbwüste umrahmt. Das ist eine Region mit Weideplätzen von niedriger Produktivität und mit Oasen des Bewässerungsackerbaus. Charakteristisch für diesen Landesteil ist eine geringe Niederschlagsmenge, ein heißer Sommer und ein kalter windiger Winter.



Am Rande der Berge erstreckt sich eine Oasenzone, die von zahlreichen Flüssen bewässert wird, deren Quelle das Schmelzwasser der Schneebahnen und Gletscher ist.

An den Hängen des Kirgisischen, des Kungej-Alatau- und des Transili-Alatau-Gebirges, am Nordhang des Terskej-Alatau- und am Westhang des Ferganagebirges ist das Höhengefälle der Landschaft stark ausgeprägt. Im Gebirgsvorland und bis in eine Höhe von 1000 bis 1200 m über dem Meeresspiegel erstrecken sich heiße Halbwüsten und Wüstensteppen. Der untere Berggürtel (1200 bis 1700 m) ist von steil

abfallenden Ausläufern und engen Schluchten durchzogen. Die Ausläufer der Berge bedecken hochproduktive Weiden, in den Schluchten wachsen Laubwälder. Besonders hochwertige Baumarten gedeihen am Westhang des Ferganagebirges, wo Walnuß-, Apfel-, Birn-, Kirsch- und Pflaumenbäume, Geißblatt und Ahorn überwiegen. In einer Höhe von 1600 bis 1800 m taucht die Tienschanfichte auf, die bis zur Höhenmarke von 3000 m wächst. Oberhalb dieser Grenze liegen lichte Wacholderwälder.

Auf der nächsten Höhenstufe befinden sich Alpenwiesen, die – mit Ausnahme der Natur-



Abb. 131. Die Grenze zwischen den Alpenwiesen und dem Waldgürtel im Tal des kirgisischen Flusses Dshetty-Ogus

Abb. 132. Die Alpenwiesen des Tienschan gehen in einen subnivalen Berggürtel über. Die letzte Höhenstufe wird vom ewigen Schnee und von Gletschern bedeckt. Auf dem Bild: Oberlauf des Flusses Dshetty-Ogus

Abb. 133. Landschaft am Nordufer des Issyk-Kul-Sees

schutzgebiete—als Schaf- und Pferdeweiden dienen. Die Übergangsgrenze von den Wäldern zu den Alpenwiesen ist fließend, weil die beiden Pflanzenarten fast überall ineinander übergreifen (Abb. 131).

Noch höher liegt der subnivale Berggürtel (bis in einer Höhe von 3600 bis 3800 m), wo spärliche verkümmerte alpine Vegetation vor dem Hintergrund der Felsen und Moränenablagerungen (Abb. 132) zu finden ist. Gekrönt wird diese landschaftliche Höhenstufe von einem nival-glazialen Gürtel, wo inmitten der Felsen zahlreiche Gletscher liegen,

die dem Gebiet des ewigen Schnees entspringen.

Unter den Zwischengebirgssenenken des Tienschan fällt das Issyk-Kul-Becken (Abb. 133) auf, das fast völlig mit Wasser gefüllt ist und sich von den anderen Tienschangebieten durch gemäßigtes Klima unterscheidet. So beträgt dort die mittlere Januartemperatur etwa -4°C und die mittlere Julitemperatur ca. $+17^{\circ}\text{C}$.

Die Niederschlagsmenge nimmt vom Westen nach Osten zu, und zwar von 120 mm auf 540 mm. Den Feuchtigkeitsgehalt der Luft bestimmt der See. Der westliche Teil des nördlichen Seeufers leidet beispielsweise unter



Trockenheit. Der Ackerbau ist hier recht schwach entwickelt. Der Wassermangel macht sich auch im östlichen Teil dieses Uferstreifens bemerkbar. Zur Lösung der wirtschaftlich wichtigen Aufgabe der Bewässerung dieses Landstriches wird die Umleitung eines Teils des Wassers aus dem Fluß Sarydshas beitragen. Das Wasser wird durch in die Berge getriebene Tunnel in die Ebene östlich des Sees und in die Gegend längs des Nordufers fließen.

Die in der Nähe des Südufers und in seinem westlichen sowie mittleren Teil gelegenen Böden haben einen geringen landwirtschaftlichen Nutzwert. Doch der Ostteil dieses Uferabschnitts gehört zu den Kornkammern Kirgisiens (Abb. 134).

Ein warmer Sommer mit vielen sonnigen Tagen, das außerordentlich klare Seewasser, herrliche Badestrände und in der Nähe liegende Bergtäler trugen dazu bei, daß sich das

Issyk-Kul-Becken in ein Erholungsgebiet verwandelte.

Der linke Teil des Panoramas umfaßt das Ferganabecken, die breite Kette des Alai-Bergrückens, die Zwischengebirgssenne des Alaibeckens und das Transalaigebirge – die nördliche orographische Grenze des Pamir. Das Ferganabecken stellt eine große Depression dar, die mit einer Schicht aus Sedimentgestein und mit Ablagerungen von aus dem Westen und Südwesten kommenden Staubstürmen bedeckt ist. Das Becken liegt in einer Höhe von 400 bis 500 m über dem Meeresspiegel und ist eine Wüstensteppe mit Grauerdeböden. Sein größerer Teil wird vom Syrdarja und von zahlreichen Bergflüssen bewässert. Heißes Klima, fruchtbare Oasenböden und ein dichtmaschiges Meliorationsnetz ermöglichen gleichmäßig hohe Ernteerträge an Baumwolle, Kürbissen und Melonen, Obst, Gemüse und Getreide.

Abb. 134. Felder im östlichen Teil der Steppe des Issyk-Kul-Beckens. Die Naturschutzordnung für diesen größten Gebirgssee der Welt und

die Aufrechterhaltung seines Wasserstandes machen die Bewässerung seiner dürrgefährdeten Umgebung durch die Umleitung eines Teils des

Wassers aus dem Fluß Sarydshas jenseits der hohen Gebirgsketten des Tienschan notwendig. Bei der Projektierung dieser Meliorationsmaßnahmen

benutzt man kosmische Aufnahmen.

Abb. 135. Mittelasiatischer Wacholder überwiegt im Tienschan und im



Pamir-Alai-Gebirge. Diese Nadelholzart ist zwischen 2500 und 3200 m Höhe weit verbreitet. Weiter oberhalb löst ihn der Zwergwacholder ab, in

geringerer Höhe ersetzen ihn Fichten, Birken, Weiden, turkestanische Ebereschen und andere Laubbölzer. Wacholder gehört zu den aussterbenden Baumarten.

Bei der Registrierung der sehr weitständigen und lichten Wacholderwälder werden heute Daten kosmischer Aufnahmen benutzt.



Unter den Oasen des Ferganabeckens fallen Sandwüstenabschnitte und flaches Vorgebirge auf. Letzteres nimmt fast den ganzen breiten Fuß des Alaibergrückens ein. Dieses Vorgebirge hat eine Halbwüstenlandschaft.

Die Höhenstufung des Westlichen Tienschan im Alaigebirge ähnelt der Höhengliederung des Nördlichen Tienschan. Der Unterschied besteht nur darin, daß im Westlichen Tienschan statt der Fichtenwälder lichte und weitständige Wacholderwälder verbreitet sind (Abb. 135).

Im Alaibergrücken befinden sich mehrere hundert Gletscher. Die durchschnittliche Höhe seines Kammes beträgt mehr als 4000 m, während einzelne Gipfel 5600 bis 5800 m über dem Meeresspiegel liegen.

Südlich vom Bergrücken befindet sich das Alaibecken, 135 km lang und 22 km breit. Es dient als Sommerweide für zahlreiche Schafherden. Im östlichen Teil des Beckens überwie-

gen Wiesengräser. Dort liegt die jährliche Niederschlagsmenge bei 750 mm. Im Westen hebt sich von den Wiesen und Flußauen Strauchdickicht ab, darunter der Sanddorn, eine wertvolle Heilpflanze. Die jährliche Niederschlagsmenge erreicht dort 540 mm.

Näher zum Hang des Alaibergrückens sieht man den Fluß Kysylsu, den das Schmelzwasser von 298 Gletschern speist, deren Gesamtfläche 649 km² beträgt. Der größte Gletscher dieser Gegend ist 21,5 km lang und nimmt eine Fläche von 73 km² ein.

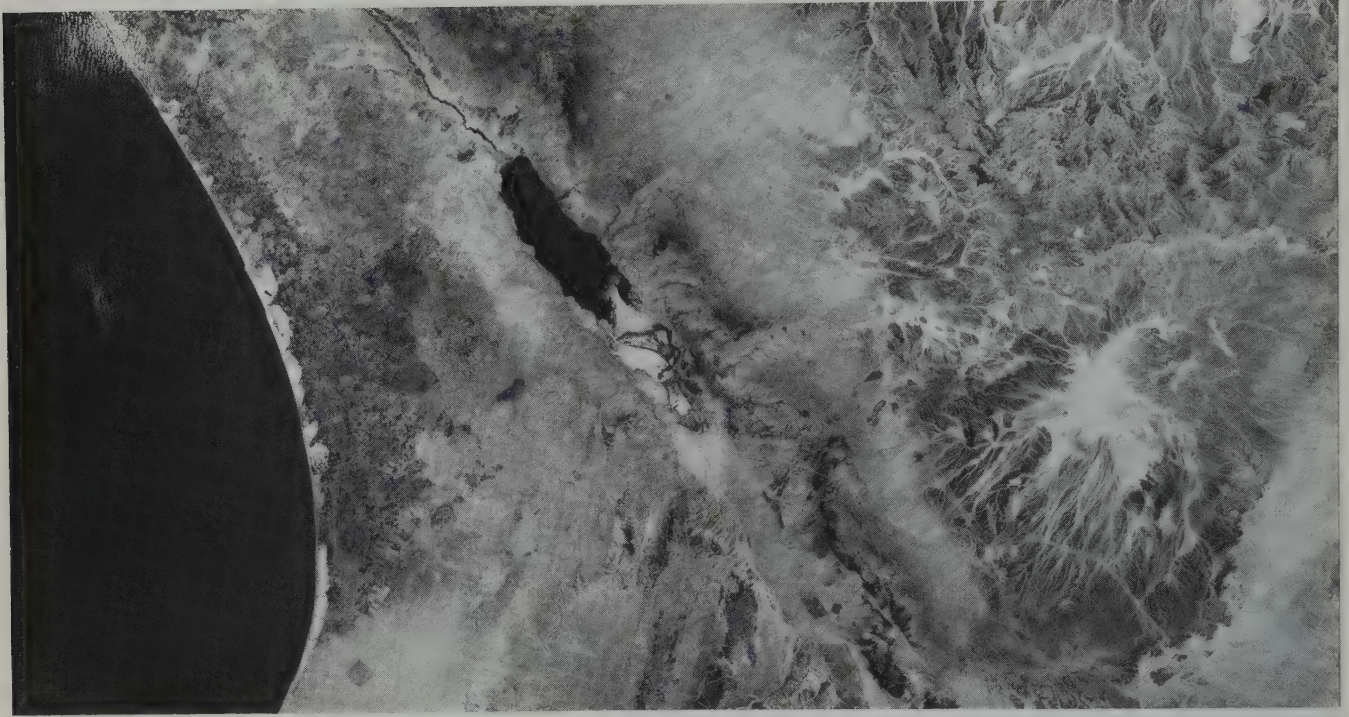
Die Geographen sind beim Studium der Landschaften bestrebt, in ihnen neuzeitliche und relikte Formen zu unterscheiden. Kosmische Aufnahmen sind dabei ausschlaggebend. Als Beispiel dafür kann die Region dienen, zu der Jordanien, Israel, Südlibanon und die südlichen Gebiete Syriens gehören (Abb. 136). Merkmale der neuzeitlichen Landschaft lassen sich an den

Abb. 136. Eine kosmische Aufnahme des Territoriums Israels, Jordaniens und palästinensischer Gebiete. Bemerkbar sind Spuren

alter Zivilisationen sowie Autobahnen und Flugplätze. Die Landschaft der Wüste Sinai ist karg und eintönig, die Landschaft der Berge

Jordaniens ähnelt einem festlichen Feuerwerk. In diesem leidgeprüften Land, das in den letzten Jahren unzählige menschliche Tragödien erlebt hat,

müssen zahllose Bomben- und Granattrichter zugeschüttet, Städte und Dörfer, Straßen und Brücken wiederaufgebaut werden. Kosmische



Ufern des Jordans, des Toten Meeres und des Sees von Genezareth sowie längs der Mittelmeerküste leicht erkennen. In vielen Wüstengegenden machen sich landschaftliche Veränderungen bemerkbar, die von Menschenhand herrühren. Der größere Teil der rechten (östlichen) Seite des Bildes illustriert eine relikte Landschaft. Trockene Täler in der Wüste sind Spuren einer Zeit, da das Klima in diesem Gebiet wesentlich feuchter war. Flache Kämme der Bergrücken sind Zeugnisse einer Epoche, in der das gesamte Territorium eine Ebene bildete.

Ein weiteres Beispiel der neuzeitlichen anthropogenen Landschaft ist das Bild vom Hauptarm des Mississippideltas unterhalb von New Orleans (Abb. 137). Kanäle, Verkehrswege,

Anlegestellen und riesige Öltanks heben sich scharf von dem angeschwemmten Festland und den Meeresuntiefen ab.

Die Bilder in diesem Kapitel sowie alle in diesem Buch enthaltenen übrigen Orbitalfotos bestätigen damit, daß kosmische Informationen heutzutage zu einem wichtigen Mittel zur komplexen landschaftlichen Erforschung verschiedener Regionen der Erde geworden sind.

Aufnahmen können dabei den Menschen helfen. Vorerst fliegen jedoch über dieses Land zu oft militärische Satelliten.

Abb. 137. Ein Kosmosfoto des Mississippi deltas. Viele Ökologen nennen heute diesen Fluß, der das Territorium der USA durchquert, den Gully

Amerikas. Wie aus dem Orbitalfoto hervorgeht, übertreiben sie mit ihrem Urteil durchaus nicht, denn mit dem Strom ergießen sich Unmengen

industrieller Abfälle in das Küstengewässer.



RAUMFAHRT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT

Eine ungewöhnlichere Verbindung wie Raumfahrt und Landwirtschaft läßt sich wohl kaum denken. Dabei eröffnen sich in Wirklichkeit schier grenzenlose Perspektiven für die Anwendung kosmischer Forschungsergebnisse auf die Lösung praktischer Aufgaben in der Landwirtschaft. Auf diesem Gebiet sind solche Methoden der kosmischen Naturerkundung wie die Beobachtung ausgedehnter Gebiete und die Zusammenstellung laufender Prognosen der Umweltdynamik sehr effektiv. Hier eröffnen sich neue Möglichkeiten für eine rationellere Planung agrotechnischer Maßnahmen, für die Effektivitätssteigerung der landwirtschaftlichen Produktion.

Bereits auf den ersten von Bord von Raumschiffen gemachten Fotos fielen den Forschern scharfe Rechtecke von Ackerflächen und Linien von Bewässerungssystemen auf. In verschiedenen Ländern unternommene Synchronuntersuchungen der Pflanzenwelt und der Böden aus der Orbitalhöhe, von Bord von Flugzeugen und Hubschraubern sowie unmittelbar an Testabschnitten der Ackerfelder bewiesen, daß die Schaffung einer wirksamen Methodik des Einsatzes der Raumfahrttechnik für die Belange der Landwirtschaft möglich ist.

In der Sowjetunion besteht zu diesem Zweck eine besondere Forschungseinrichtung im Rahmen anderer Forschungszentren des Landwirtschaftsministeriums.

Entscheidungen über Aussaattermine, Ernte-einbringung und andere landwirtschaftliche Arbeiten werden freilich nach den Angaben der kosmischen Inspektion vorerst noch nicht getroffen. Wissenschaftler entwickeln jedoch bereits effektive Systeme zur Sammlung landwirtschaftlicher Informationen sowie einfache und zuverlässige Verfahren zu ihrer Übertragung und schnellen Verarbeitung, lösen Probleme der maschinellen Speicherung von Primärinformationen. Wohl die wichtigste Auf-

gabe der Spezialisten ist dabei die Erarbeitung zuverlässiger Methoden zum „Lesen“ kosmischer Daten.

An Bord von Raumschiffen wird für die Belange der Landwirtschaft ein solcher Komplex technischer Fernaufnahmemittel installiert, der es gestattet, einerseits allgemeine Daten aus Bildern mit relativ geringer Auflösung und breiter Landschaftsübersicht und andererseits ausführlichere Informationen aus Bildern mit begrenzter Übersicht und höherer Auflösung zu gewinnen. Fotokameras mit geringer Auflösung finden bei den Landes- und Regionalaufnahmen für die Feldbewertung Verwendung, Kameras mit hohem Auflösungsvermögen beim Fotografieren einzelner Areale von landwirtschaftlichen Großbetrieben.

Die Abbildung 138 zeigt den Abschnitt eines der wichtigsten Weizenanbaugebiete im europäischen Teil der Sowjetunion, den Norden der Region Stawropol und den Süden des Gebiets Rostow, zwischen denen das Becken des Manytsch-Gudilo-Sees liegt. Dieses Bild vermittelt eine Vorstellung vom Verlauf der Erntearbeit Mitte August. Besonders helle Rechtecke bezeichnen bereits abgeerntete Getreidefelder, Rechtecke graugelber Farbe sind Maisfelder, wo die Erntearbeit erst anläuft. Dunkelgrüne Felder weisen auf die Futterkulturen (vorwiegend Zuckerrüben) hin. In der Mitte des oberen linken Bildteils kann man runde Felder sehen. Hier erfolgt die Bewässerung durch Beregnungsanlagen, die sich kreisförmig um artesische Bohrungen drehen.

Die vorwiegende Bewässerungsmethode in der Region Stawropol ist die Zuführung von Wasser über Haupt- und Verteilerkanäle. In der Regel wird ein Testfeld in der Nähe eines Kanals gewählt, damit Agrotechniker und Melioratoren gemeinsame Untersuchungen durchführen können. Teile eines bereits abgeernteten Weizenfeldes und mehrere für die Ernte des

Abb. 138.
Landwirtschaftliche
Nutzflächen im Süden
Rußlands in der
Umgebung des
Manytsch-Gudilo-Sees an

der Grenze zwischen dem
Gebiet Rostow und der
Region Stawropol

Abb. 139 (unten). Dieser
Testabschnitt der

landwirtschaftlichen
Nutzflächen in der Region
Stawropol umfaßt zwei
Versuchsfelder und einen
Bewässerungskanal.



kommenden Jahres umgepflügte Felder, die an dem Bewässerungskanal liegen, kann man auf der Abbildung 139 sehen. Die kosmische Aufnahme und das Bodenfoto sind am gleichen Tag gemacht worden, so daß man die beiden Bilder gut miteinander vergleichen kann.

Die synthetisierte Farbaufnahme der landwirtschaftlichen Nutzfläche bei Saratow (Abb. 140) an beiden Wolgaufnern zeigt den Zustand der Felder Anfang Juni. Reine Brachen und Ackerland heben sich durch dunkle Schattierungen heraus, Felder mit verschiedenen Getreidekulturen zeichnen sich durch ihre rechteckige und trapezförmige Form und ihre gelbliche



Farbe ab. Die Auenwiesen sind rot gefärbt. Grellrot sehen auf dem pseudofarbigen Bild die Schutzwaldstreifen sowie das von Sträuchern bewachsene Netz von Erosionsrinnen und -schluchten aus. Auf dieser Aufnahme unterscheiden Spezialisten deutlich Brachfelder, Getreidesaaten und mehrjährige Gräser. Nach indirekten Merkmalen können sie Bewirtschaf-

tungsmethoden, Systeme angewandter agrotechnischer Maßnahmen und die Produktionsausrichtung der Landwirtschaft (Ackerfelder, Weideplätze, Obstgärten usw.) erkennen. Damit bietet sich ihnen die Möglichkeit, Bodennutzungskarten zusammenzustellen. Solche Karten veralten in der Regel recht schnell, und kosmische Aufnahmen sichern ihre lau-

Abb. 140. Synthetisierte kosmische Farbaufnahme der Agrarlandschaft bei Saratow an der Wolga

Abb. 141. Hydrologische

Meßstelle an einem kleinen Fluß im Wolgabecken. Spezialisten verallgemeinern die Angaben, die tagtäglich von solchen Meßstellen

eingehen, und arbeiten Prognosen für den Wasserhaushalt großer und kleiner Nebenflüsse des mächtigen russischen Stroms aus. Dieselben

Meßstellen werden auch bei Experimenten im Bereich der kosmischen Hydrologie genutzt.



fende und operative Erneuerung.

Aus dem Kosmos können verschiedene Arten der Bodenerosion registriert werden. Spuren der Wassererosion zeichnen sich in der Regel durch ein weitverzweigtes Muster aus, das sich vom Hintergrund der Felder scharf abhebt. In der Saratower Umgebung fällt beispielsweise die starke Erosionsgefahr des Territoriums auf, die nach dem Bau des Stausees am Unterlauf der Wolga schlagartig gewachsen ist, denn der Stausee änderte die Erosionsbasis, was einen starken negativen Einfluß auf die Ufer und die anliegenden Felder ausübte.

Deutlich zeichnet sich auf den kosmischen

Aufnahmen auch die Winderosion in Form eines alluvialen Reliefs oder durch eine vernehmbare Erhellung der Abbildungsfarbe ab. Die Bodenflächenerosion erscheint als eine Folge dunkler Streifen humusbildender Böden, die in Senken angeschwemmt sind, und heller Streifen, die auf Wasserscheiden hinweisen.

Regelmäßige Orbitalaufnahmen des Wolgagebiets zeigen, daß in einigen Gegenden der Bodenschwund dank vorbeugender erosionsbekämpfender Maßnahmen aufhört. Die Aufnahmen zeigen nicht nur den Verlauf von Waldschutzstreifen, sondern lassen auch auf das relative Alter der Aufforstung schließen,

Abb. 142. Ein Versuchsfeld für Getreidekulturen in Mittelrußland. Hier wird regelmäßig das Spektrometrieren des Pflanzenwuchses

vorgenommen, um Orbitalbilder interpretieren zu können, die zwei- bis dreimal monatlich von Bord des Satelliten abgerufen werden.

Abb. 143. Vier Varianten einer synthetisierten kosmischen Farbaufnahme vom Buchtarma-Stausee am Fluß Irtysh in Ostkasachstan. Die

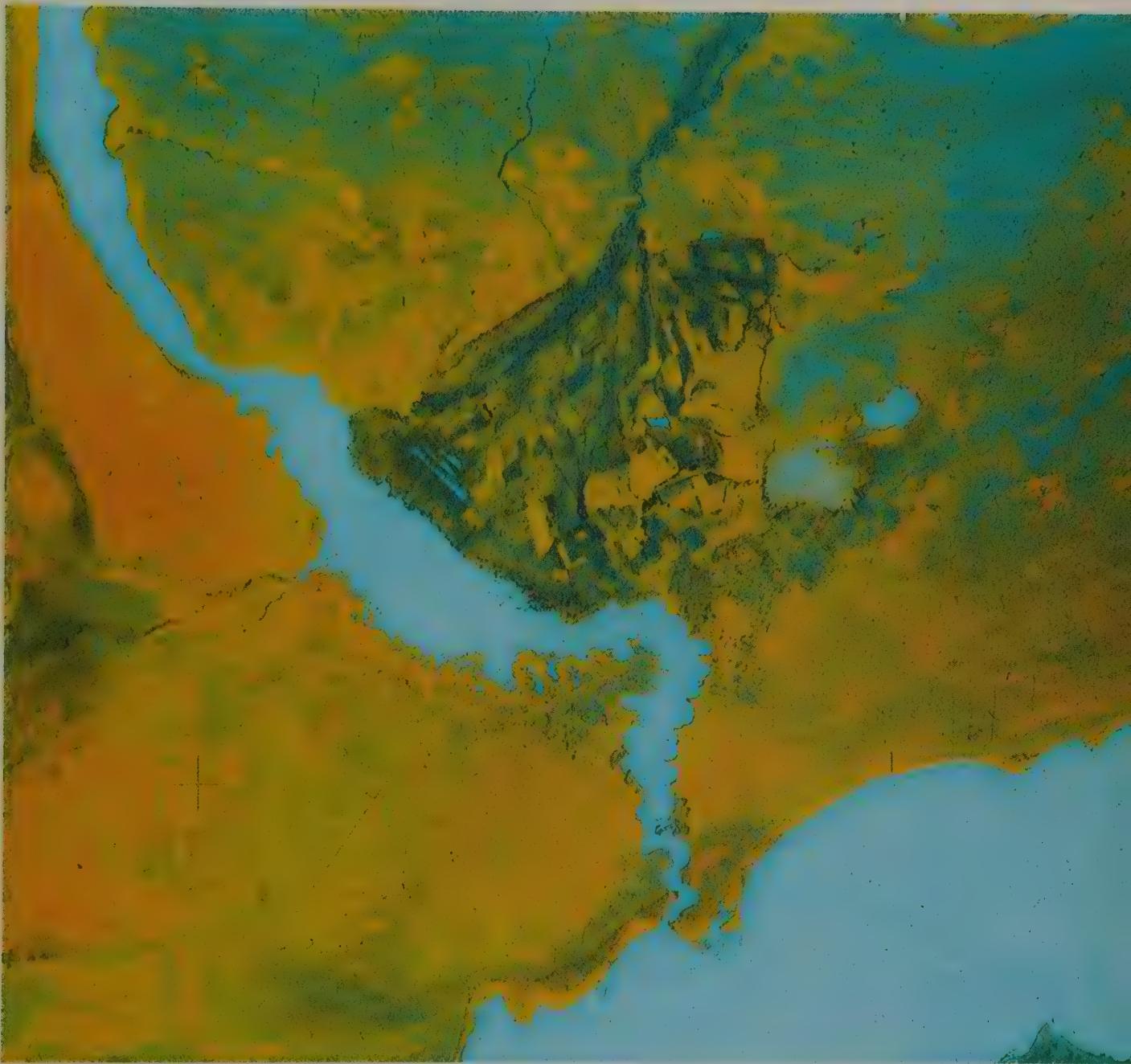
Abbildung erhielt man durch das Synthetisieren von vier Schwarzweißaufnahmen unter Verwendung verschiedener Lichtfilter.



wenn deren Abbildung mit den Aufnahmen der Kontrollabschnitte verglichen wird.

Orbitalaufnahmen landwirtschaftlicher Regionen werden in der Regel von Spezialisten der Agrarwissenschaft und der Melioration gemeinsam analysiert. Denn in der Sowjetunion—wie auch in anderen Ländern—leiden die Ackerfelder und Weiden meistens entweder an Wassermangel oder an Wasserüberfluß. Das Gebiet Saratow in der Russischen Ebene bekommt beispielsweise im Durchschnitt mehr als 500 mm Niederschläge im Jahr und leidet von Zeit zu Zeit an großer Dürre, die sich verheerend auf die Ernte

auswirkt. Von außerordentlicher Bedeutung ist daher die genaue Prognostizierung der Wasserführung kleinerer Flüsse im Wolgabecken. Kosmische Aufnahmen gehören zu den Komponenten einer solchen Prognostizierung, die durch synchrone Beobachtungen und Aufnahmen aus der Orbitalhöhe, aus der Luft und von über das ganze Wolgabecken verstreuten hydrologischen Stellen aus erfolgt. Die Abbildung 141 illustriert ein solches Versuchsfeld, das während der Ernteeinbringung fotografiert worden ist. Die Abbildung 142 zeigt einen Kontrollabschnitt an einem zweitrangigen Nebenfluß der Wolga, wo gleichzeitig der Rei-



feprozeß von Haferfeldern auf dem niedrigen und dem erhöhten Ufer, die hydrologischen Verhältnisse des Flusses und die meteorologischen Verhältnisse studiert werden.

Das allseitige Studium der Besonderheiten der Abflußgestaltung im Wolgageben, insbe-

sondere mit Hilfe von Satelliten der Serie „Meteor“ und „Kosmos“ und der Orbitalstationen vom Typ Salut, ermöglichte es, bei Saratow und im ganzen Wolgagebiet ein weitverzweigtes Bewässerungssystem zu schaffen. Vor 40 Jahren waren dort erst 4000 ha Land melioriert. Im Jah-

Abb. 144. Zur Entstehung dieses Bildes dienten drei Schwarzweißaufnahmen. Die erste von ihnen ist durch einen Blaufilter

einen Grün- und die dritte durch einen Rotfilter. Die Kamera MKF 6M, die zur Gewinnung von Ausgangsfotos verwendet

wurde, fotografiert in sechs Spektralbereichen, in die sich das sichtbare elektromagnetische Spektrum teilt. In der obigen Farbaufnahme sind

die Abbildungen des 2., des 3., des 4. und des 6. Aufnahmekanals und in dieser Aufnahme die Abbildungen des 2., des 4. und des 6.



Kanals synthetisiert
worden.

Abb. 145. Diese Abbildung
ähnelt der vorigen. Der
Unterschied besteht darin,

daß im 2. Kanal ein
Grünfilter, im 4. Kanal
ein Rotfilter und im 6.
Kanal ein Blaufilter
verwendet wurden.

re 1975 wuchs diese Zahl auf 660 000 ha an.
Heute wird im Gebiet Saratow jedem Quadrat-
meter bewässerten Bodens eine fast 0,5 m
starke Wasserschicht zugeführt! Ein solches
Meliorationssystem sichert stabile Ernteerträge,
obwohl zu heißer Jahreszeit nur zehn Prozent



Abb. 146. Beim Synthetisieren dieser Abbildung wurden Schwarzweißaufnahmen des 2., des 3., des 4. und des 6. Spektralkanals

entsprechend mit einem Grün-, einem Rot-, einem Dunkelrot- und einem Blaufilter verwendet.

Abb. 147. Dieses Schema

der Bodennutzung im Saissanbecken ist im Staatlichen Zentrum „Priroda“ nach den Ergebnissen der Interpretation der vier

vorangegangenen kosmischen Aufnahmen zusammengestellt worden.



Landwirtschaftliche Nutzflächen

1	bewässertes Ackerland	5	Vorgebirgsweiden
2	ungewässertes Ackerland	6	Flachlandweiden
3	Obstgärten	7	Flußauenweide
4	Bergweiden		

Landwirtschaftlich ungenutzte Flächen

8	brachliegende, jedoch für die Landwirtschaft geeignet	—	Straßen
9	Salzböden	—	Bewässerungskanäle
10	Sümpfe		
11	Sandflächen		

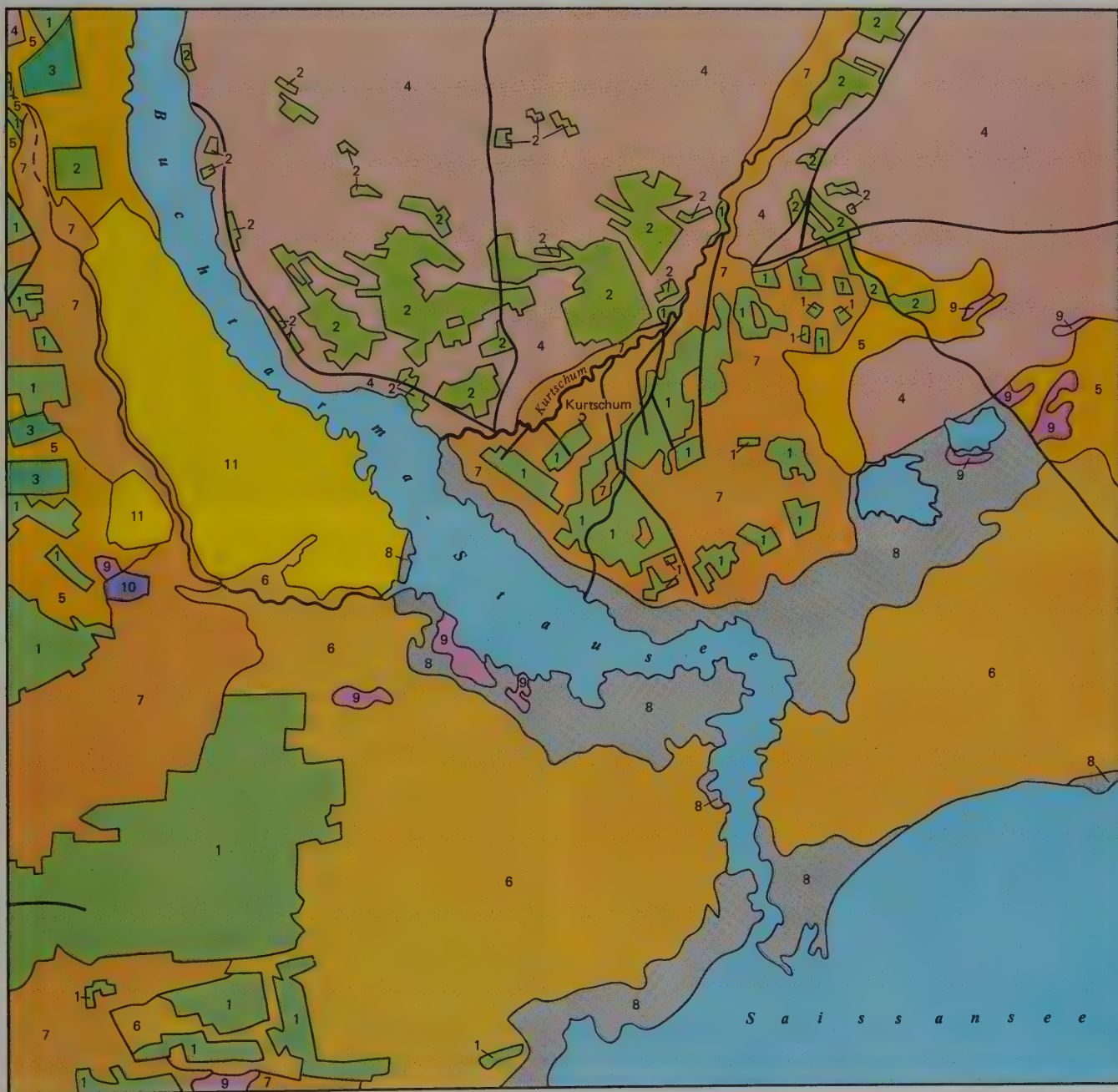


Abb. 148. Ein Versuchsfeld im Vorgebirge des Altai, auf dem mit Hilfe spektrometrischer Aufnahmen der Zustand der Saaten und reifen

Getreidekulturen zu verschiedener Jahreszeit untersucht wird. Diese Aufnahme zeigt das noch ungepflügte Testfeld.



Abb. 149. Dasselbe Feld im Mai, als ein gleichzeitiges Experiment unter Verwendung von Apparaten durchgeführt wurde, die an Bord eines

Satelliten, eines Flugzeugs sowie an einem Kontrollturm installiert waren. Die Untersuchung galt dem Spektralbild der Bodendecke.



der Niederschläge die Pflanzenwurzeln erreichen und der Rest verdunstet. Das normale Funktionieren eines komplizierten naturtechnischen Systems, das aus landwirtschaftlichen Nutzflächen, größeren und kleineren Flüssen und künstlichen Bewässerungssystemen besteht, ist nur mit Hilfe des Luft- und Raumfahrtssystems der Kontrolle und Vorwarnung möglich.

Das andere Beispiel einer landwirtschaftlichen Region, die aus der Orbitalhöhe überwacht wird, ist das Territorium um den Saissansee und den Buchtarma-Stausee am Irtysh in Ostkasachstan. Die Abbildungen 143, 144, 145 und 146 zeigen dieses Territorium aus einer Höhe von 350 km. Diese vier synthetisierten Farbaufnahmen sind verschiedene Varianten des gleichen kosmischen Sujets in schmalen Spektrumbereichen. Auf der Abbildung 147 ist ein Schema der Interpretation dieser Bilder durch einen Fachmann zu sehen, der die Möglichkeit der Bodennutzung auf den beiden Ufern des

Buchtarma-Stausees klären mußte. (Dieses Schema ist dem Album „UdSSR aus dem All“ entnommen, das im Jahre 1982 von der Hauptverwaltung für Geodäsie und Kartographie beim Ministerrat der UdSSR herausgegeben wurde.) Die erste der vier Synthesevarianten (Abb. 143) ermöglicht die Kartierung des hydrographischen Netzes und zeigt in verallgemeinerter Form den dürrgefährdeten Teil dieses Gebietes (hellgelbe Farbe).

Eine andere Variante (Abb. 144) sagt wesentlich mehr über die Ausbreitungsbesonderheiten wildwachsender Pflanzen längs der Flußbetten (rötliche Schattierungen) sowie über das Weideland und seine Pflanzenarten auf der dürrgefährdeten Ebene (bläuliche Schattierungen) und im Vorgebirge (dunkle graugrüne Schattierungen) aus.

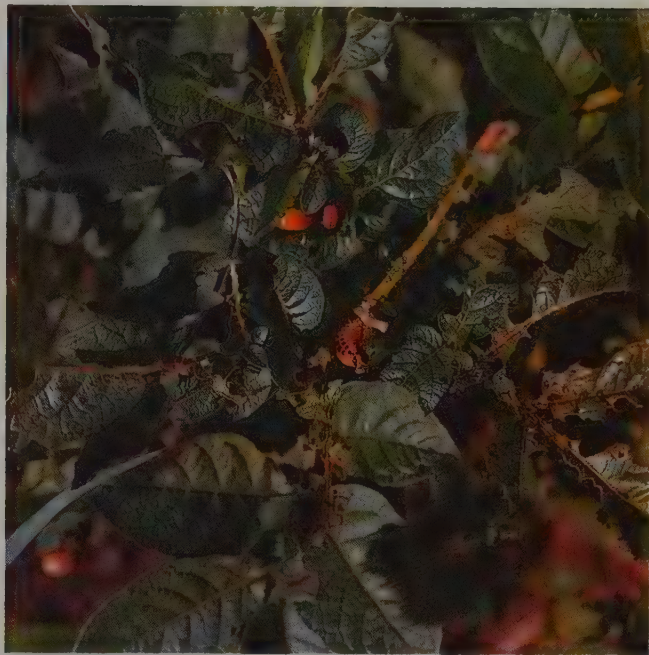
Bei der dritten Variante (Abb. 145) zeichnet sich die Zusammensetzung der Pflanzenarten auf bewässertem und unbewässertem Land (Schat-

Abb. 150. Dasselbe Feld im Spätsommer vor der Ernte

Stawropol am Ufer des Manytsch-Gudilo-Sees, wo durch die Larven des Kartoffelkäfers verursachte Schäden untersucht werden. Gleichzeitig wird

dieses Feld von Bord einer Orbitalstation spektrometriert.

Abb. 151. Ein Versuchsfeld im Norden der Region



tierungen der violetten Farbe) besonders deutlich ab.

Die vierte Variante (Abb. 146) ergänzt die drei vorangegangenen. Auf ihr können die unterschiedlichen Naturgebilde und geologischen Strukturen der Region mit größerer Sicherheit unterschieden werden.

Die Bestimmung der Bodenarten und der Kulturpflanzen bereitet ohne Zweifel die größten Schwierigkeiten, da sich mit Abtauen der Schneedecke, der Bestellung des Ackerlandes bis zur Einbringung der Ernte das Aussehen der Felder beträchtlich ändert. Während des Wachstums- und Reifeprozesses der einzelnen Kulturen variiert deren Spektralhelligkeit je nach Tageszeit, Luftfeuchtigkeit, Vegetationsperiode, Windeinwirkung, dem Lagern der Pflanzen sowie anderen Faktoren recht stark. Aus diesem Grunde werden vom Frühling bis zum Herbst spektrometrische Untersuchungen an bestimmten Kontrollabschnitten des Kulturlan-

des aus dem Weltraum vorgenommen. Eines dieser Versuchsfelder ist auf den Abbildungen 148, 149 und 150 zu sehen. Es liegt am rechten Flußufer des Kuriums und ist unbewässertes, mit verschiedenen Getreidekulturen bestelltes Ackerland.

Das erste Foto zeigt das Testfeld im Frühling, gleich nach der Schneeschmelze. Die zweite Aufnahme zeigt, wie sich das Spektralbild des Feldes nach dem Pflügen verändert hat, während man auf dem dritten Bild feststellen kann, wie sich vor dem Abernten die Spektralhelligkeit des Testabschnitts verändert hat, hervorgerufen durch die Ährenhalme und mehrere Unkrautarten, die den Boden völlig bedecken.

Auf der Orbitalaufnahme des Saissanbeckens und des Buchtarma-Stausees kann man ausgedehnte Brachlandflächen überblicken und somit Maßnahmen zu deren rationelleren Nutzung ergreifen. Diese Aufnahme ist auch noch deshalb besonders wertvoll, weil ihr Vergleich mit ähnli-



chen Fotos aus späterer Zeit den Rhythmus in der Landschaftsveränderung durch die Einwirkung des Menschen veranschaulicht. So können beispielsweise in einigen Jahren in diesem Gebiet wesentliche Veränderungen der Umwelt eintreten, die durch Trockenlegung von Land am Fluß Schwarzer Irtysch auf dem Territorium des Nachbarstaates vorgenommen

werden. Die Auswirkung dieser Trockenlegung auf unser Gebiet könnte unter Umständen die Umleitung eines Teiles des Wassers von Flüssen aus dem Altaigebirge in diese Region zur Folge haben.

Zu den schwierigen, wenn auch durchaus erfüllbaren Aufgaben für die Belange der Landwirtschaft mittels Orbitalaufnahmen

Abb. 152. Unansehnlich erscheint aus dem Weltraum die Turgaisteppe in Kasachstan nordöstlich des Aralsees. Die karge

Pflanzenwelt der Salzböden bildet keine geschlossene Decke. Sogar im Frühjahr scheint die Erde völlig entblößt zu sein.

gehört das Herausfinden von bestellten Flächen, auf denen die Kulturpflanzen erkrankt bzw. von Schädlingen befallen sind. Entsprechende Experimente werden in der Sowjetunion in allen wichtigen landwirtschaftlichen Gebieten angestellt. Ein solcher, mit Kartoffeln angebauter Testabschnitt befindet sich im Norden der Region Stawropol. Auf ihm werden Untersuchungen der einzelnen Stadien des Befalls von Kartoffelstauden durch Larven des Kartoffelkäfers durchgeführt (Abb. 151).

Zu den aktuellsten Richtungen der Forschung in der Landwirtschaft gehört wohl die Verwendung kosmischer Bildinformationen in der Bodenkunde. Diese Richtung zählt ebenfalls zu den kompliziertesten. Schwarzweißaufnahmen erweisen sich hier als wenig effektiv. Die Bildqualität der Erdoberflächenaufnahmen wird wesentlich vom Feuchtigkeitsgrad der jeweiligen Böden beeinflusst. Nicht wenige Beispiele zeugen davon, daß Aufnahmen mit ein oder zwei Tagen Zeitunterschied frappierende Farbunterschiede aufweisen. In den einzelnen Naturgebieten wird die Beschaffenheit der Bodendecke durch die verschiedensten Indikatoren angezeigt, wobei die Pflanzen besondere Verzerrungen bzw. Entstellungen bewirken.

Jahrelange experimentelle Arbeiten in allen Klimazonen der UdSSR beweisen, daß die Verwendung von Orbitalbildern bei der Kartierung und Inventarisierung der Böden im mittleren und kleinen Maßstab besonders günstig ist. Denn die auf Luftaufnahmen enthaltenen unzähligen Einzelheiten überschatten die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten der Bodenverteilung. Andererseits ist die Zusammenstellung mosaikartiger Fotoschemata überaus zeitraubend, um wirtschaftlich vertretbar zu sein. Kosmische Farbaufnahmen dagegen geben in der Regel einen breiten, allgemeinen Einblick in die Böden der einzelnen Regionen, während Aufnahmen, die auf der Umlaufbahn gemacht wurden, einen Bodenquerschnitt von Tausenden

Kilometern Länge aufweisen. Die Aufnahme vom 21. August 1980 von der Turgaisteppe (Abb. 152), die nördlich des Aralsees in Kasachstan liegt, zeigt eine kahle Landschaft fast ohne Pflanzendecke, denn kurzlebige Pflanzen sowie Salzsträucher, Saksaul, Tamarisken und Flechten können keine dichte Pflanzendecke bilden. Die obere Bodenschicht bleibt praktisch ohne Durchfeuchtung, weil es dort jährlich höchstens 100 mm Niederschläge (vorwiegend im Winter) gibt, während im Frühsommer die Erdoberflächendurchfeuchtung rasch verdunstet.

Es überwiegt der graubraune Wüstenboden mit einer porösen, harten, mehrere Zentimeter starken Oberkruste.

Längs der Flußbetten lagert eine Schicht des sogenannten Takyrbodens, der in den durch angeschwemmtes Land entstandenen Ebenen der Wüstenzone Westasiens immer vorkommt. Der Takyrboden entsteht auf lehmiger Erde, wenn der normale Wasserabfluß fehlt. Seine Oberfläche ist üblicherweise recht fest, graufarben, von mehreren Zentimetern tiefen Rissen gespalten.

Auf Orbitalaufnahmen, wie z. B. auf dieser, kann man des öfteren die Betten längst versiegter Flüsse entdecken, in deren Nähe nicht selten Grundwasser zu finden ist. Solche Flußbetten kommen durch eine Verallgemeinerung der Abbildung und durch den „Durchleuchtungseffekt“ der lockeren Ablagerungsschicht deutlich zum Vorschein. In vielen Fällen wird auch in geringer Tiefe unter der Erdoberfläche ein Wasserfluß registriert. Die Bodentemperatur weicht dort in der Regel von der Temperatur der umgebenden Landschaft nach oben oder nach unten – je nach Jahreszeit – ab. Diese Anomalien lassen sich mit Hilfe von Fernmeßsystemen, die im infraroten Spektrumbereich arbeiten, einwandfrei identifizieren. Mit dem umfassenden Einsatz von Systemen dieser Art erhöht sich die Effektivität bei der Suche nach Wasserquellen.

Helle weiße Flecke auf dem Bild sind Salzböden, deren Hauptbesonderheit in einer sehr festen Lehmschicht aus Natrium- und Magnesiumsalzen mit einer ziemlich geringen Wasserdurchlässigkeit besteht. In der trockenen Jahreszeit sind die Salzböden sehr hart, in der feuchten Jahreszeit aufgequollen und zähe. Bei



all ihrer Unwirtlichkeit dienen die Gegenden mit Salzböden als Reserve für die nomadisierende Tierzucht. Nach intensiver Bearbeitung mit Düngemitteln können diese Böden als Weideland geringer Produktivität genutzt werden.

Salzböden entstehen durch den Einfluß des hochgelegenen salzhaltigen Grundwassers auf die Erdoberfläche. Dieser Bodentyp ist auf dem

vorliegenden Orbitalbild ausgiebig zu sehen. Spezialisten würden hier auch die sekundäre Bodenversalzung entdecken, die aufgrund von Störungen im Bewässerungssystem entsteht.

Ein anderes Beispiel von Böden der Steppen- und Halbsteppenlandschaft in Gebieten mit regenarmem Klima ist die Orbitalaufnahme vom Norden der Kaspisenke (Abb. 153) und vom

Abb. 153. Kosmische Aufnahme der Halbwüstenlandschaft einer Senke, die im Norden die Küste des Kaspischen Meeres umgibt. In der

Landwirtschaft wird dieses Gebiet vorwiegend als Weidefläche genutzt. Die auf dem Bild deutlich sichtbaren hellen Flecke sind die Zentren der

Viehzuchtwirtschaften.

Abb. 154. Eine Agrarlandschaft im Gebiet Dshambul in Südkasachstan. Die

kosmische Aufnahme bietet die Möglichkeit, alle Wasserquellen und Felder zu überblicken, wo Gletscherwasser verbraucht wird.

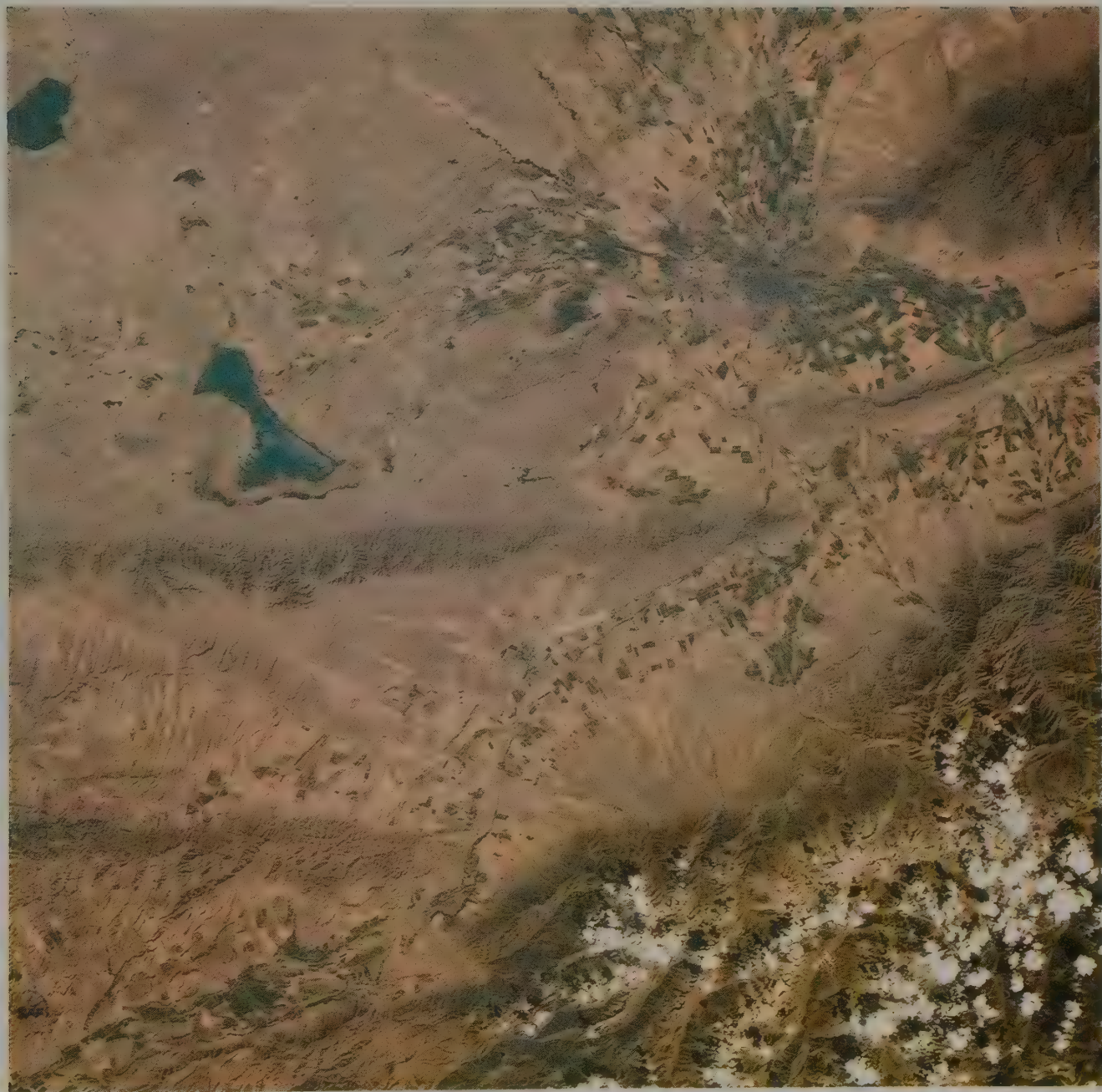


Abb. 155. Ein landwirtschaftlicher Testabschnitt im Rayon Ust-Ordynski, Gebiet Irkutsk. Die synthetisierte kosmische Farbaufnahme

ermöglicht es, die wichtigsten angebauten Kulturen zu identifizieren. Die Methoden der kosmischen Überwachung sind für die Intensivierung

der Agrarwissenschaft in Sibirien von großer Bedeutung.

Abb. 156. So sieht aus dem Orbit der braune

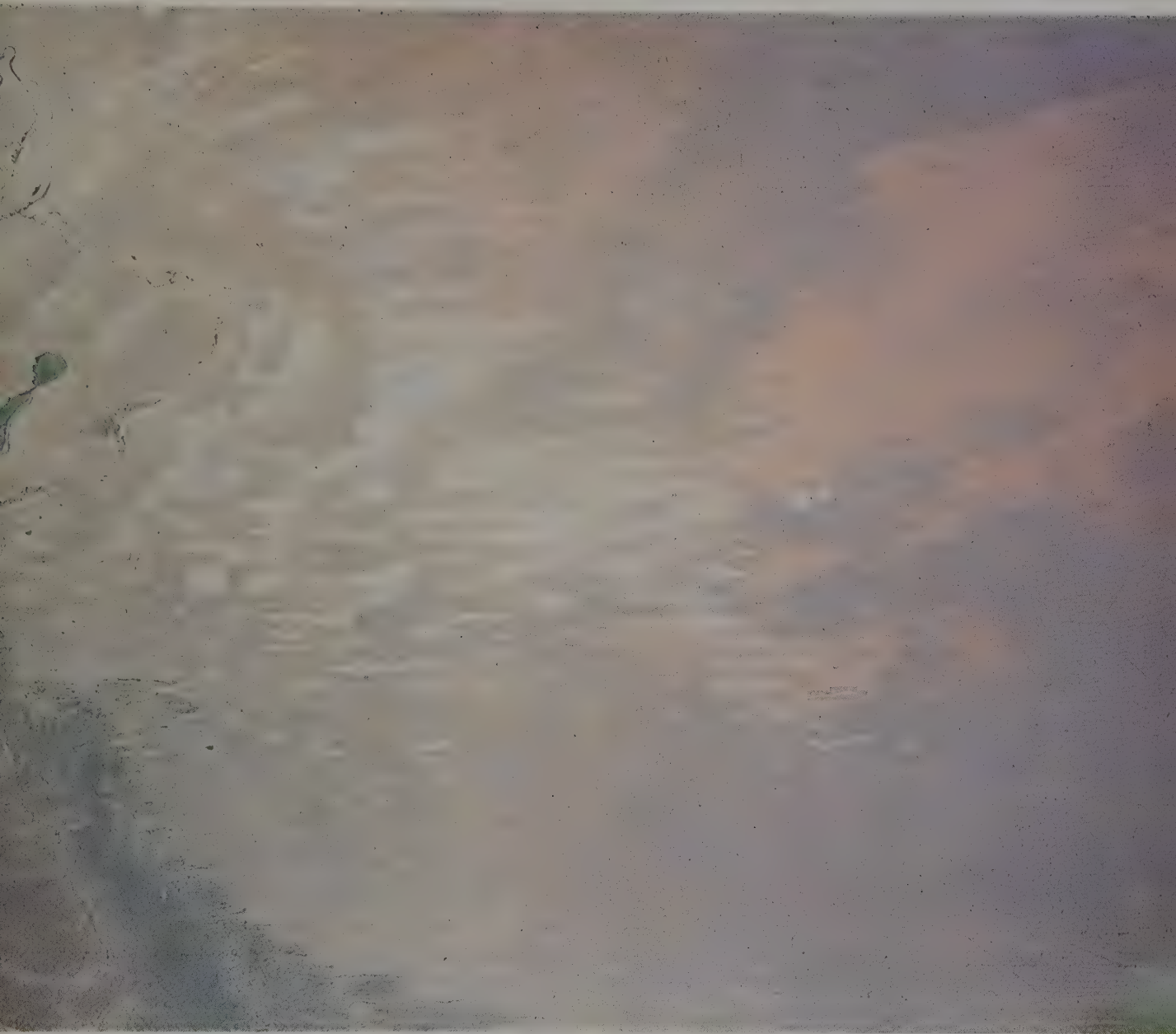
Boden in der Umgebung des Eyresees in Australien aus.



Territorium nahe des Uraldeltas. Ein greller Streifen trennt auf dem Foto das feuchte und bewässerte Delta von höher liegenden Landstrichen, wo braune Halbwüstenböden vorherrschen, auf denen ab Mitte August bereits keine Steppengräser mehr wachsen. Diese Böden sind nach Ansicht von Spezialisten aus stark salzhaltigen Ablagerungen des Kaspischen Meeres entstanden, das dieses Territorium im Quartär überschwemmt hat. Sie sind sehr sandhaltig, wodurch eine Krustenbildung verhindert wird und die charakteristische gelbe Färbung entsteht, nach der diese Böden auf Orbitalaufnahmen leicht zu erkennen sind.

Eine Besonderheit dieser Aufnahme sind zahlreiche helle Flecke, mit deren Hilfe man bereits abgeweidete Flächen von noch nicht abgeweidetem Land mühelos unterscheiden kann.

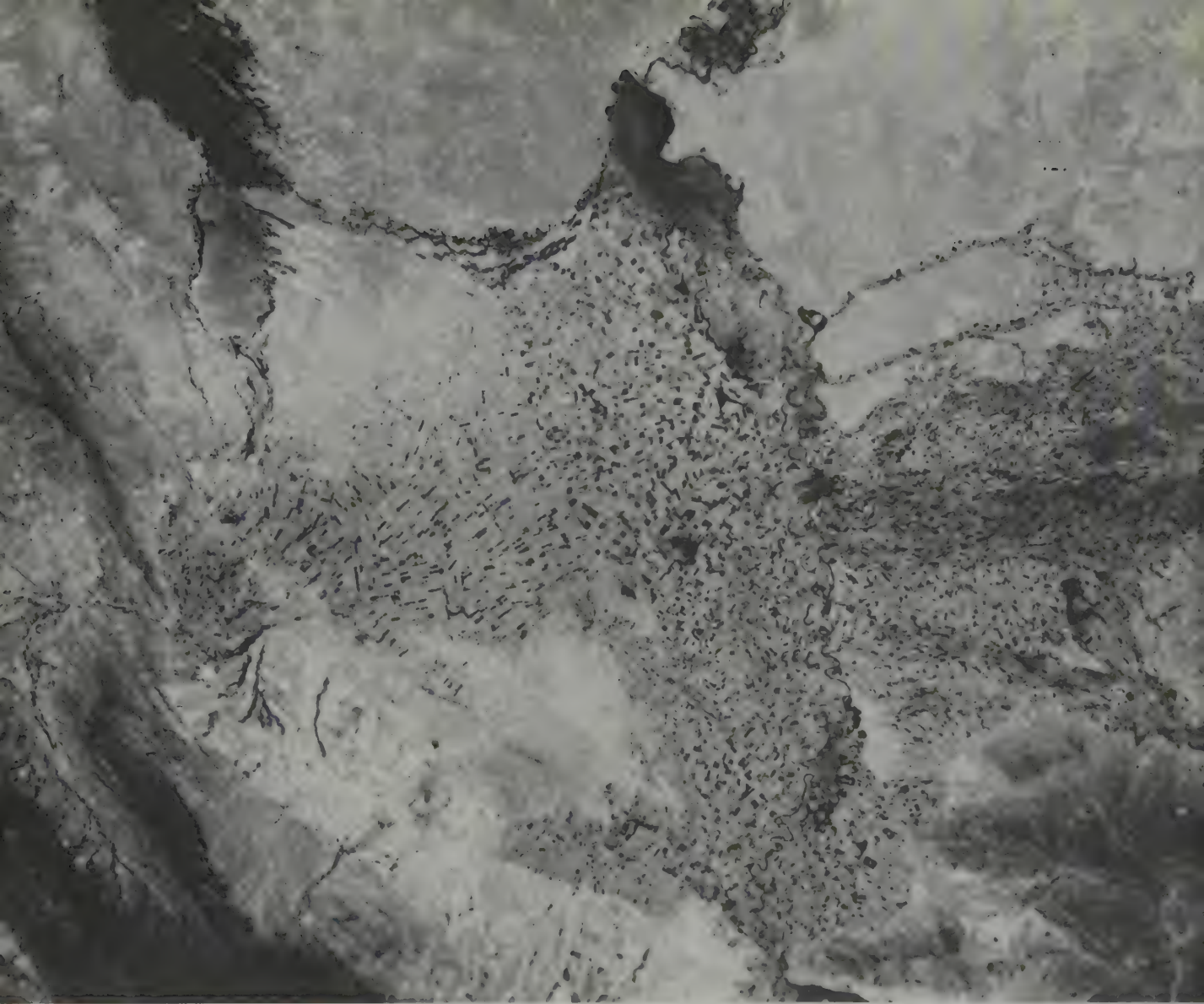
Sehr reich sind die Böden bekanntlich auf Vorgebirgsebenen und Hängen benachbarter Berge vertreten, wo in der Regel die Landwirtschaft recht gut entwickelt ist. Die Zusammensetzung der Bodenarten ändert sich dort allmählich in vertikaler Richtung: von den nur zeitweilig nutzbaren Böden der Hochgebirgszone bis zu denen der Alpenwiesen, den Wald-, Waldsteppen-, Steppen- und Halbwüstenböden, stellenweise auch bis zu den Böden



der Sandwüsten. Ein anschauliches Beispiel einer solchen Bodenveränderung und folglich auch der Veränderung der Vegetation ist die Gegend in der Nähe von Dshambul, im Länderdreieck der Unionsrepubliken Kasachstan, Usbekistan und Kirgisien.

Im rechten unteren Bildausschnitt der Orbitalaufnahme 154 kann man hinter

Haufenwolken den ewigen Schnee und die Gletscher des Pskem- und des Ugamgebirges mühelos erkennen, ebenso wie die daneben liegenden ausgedehnten Alpenwiesen. Im gegenüberliegenden unteren Fotoausschnitt sieht man die Halbwüste rund um den Akkolsee. Den Großteil des Kulturlandes in der vom Fluß Talas und von zahlreichen kleineren Flüssen



bewässerten Vorgebirgsebene nehmen jedoch Ackerflächen und Obstgärten ein. Auf dem Foto sieht man, wie mit abnehmender Bodenfeuchtigkeit die Anzahl der Pflanzenarten immer spärlicher wird, schließlich verschwinden die Kulturpflanzen völlig.

Die landwirtschaftliche Produktion in dieser Region und in ähnlichen Gebieten hängt von der optimalen Nutzung des Bewässerungssystems ab, zu dem mehrere Stauseen gehören (einen von ihnen kann man leicht in der Mitte der Aufnahme erkennen, den zweiten am rechten Bildrand). Keine leichte Aufgabe ist auch die

Voraussage der Wasserzufuhr von den Berghängen und den Gletschern. Zu einer besonders rationellen Lösung dieses äußerst komplizierten Fragenkomplexes verhelfen Orbitalfotos, die gestatten, die Wasserressourcen zu erfassen, zu prognostizieren sowie die Wasserverteilung unter den Verbrauchern zu kontrollieren. Aufnahmen dieser Art dienen außerdem zur Erfassung von Obstbäumen und Sträuchern in Gärten und von Pflanzenkulturen auf Feldern, für die Bewertung des Reifens der wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturen sowie für die Erfassung der Bodenarten im Frühling und

Abb. 157. Kosmische Aufnahme der großen Region des Bewässerungsackerbaus beiderseits des Flusses Syrdarja in Usbekistan. Rechts vom Fluß liegen kleine Felder, deren Nutzung zum größten Teil vor vielen hundert Jahren begonnen wurde. Links vom Syrdarja sind große Felder zu sehen, die erst unlängst im Ergebnis der Realisierung umfassender Meliorationsvorhaben angelegt worden sind.

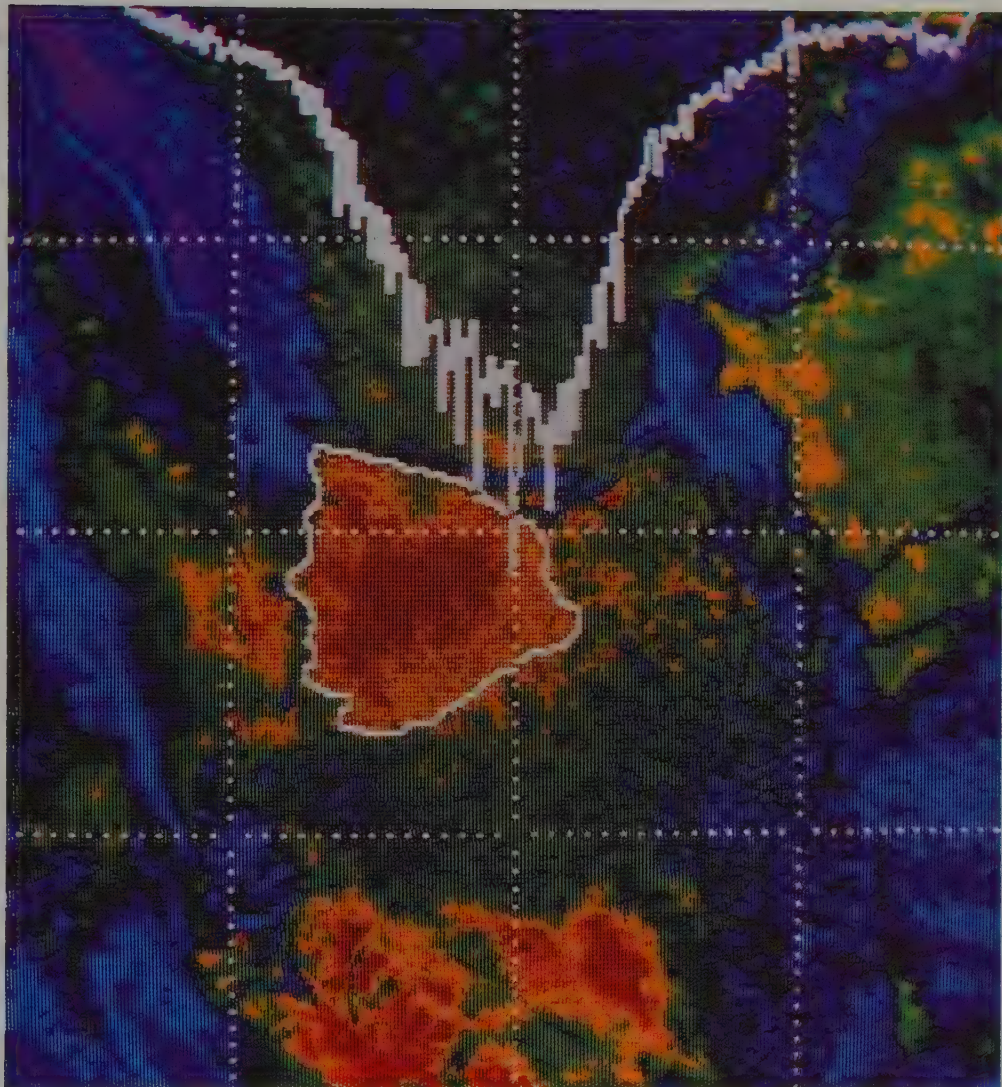


Abb. 158. Die optisch-elektronische Bearbeitung kosmischer Schwarzweißfotos erhöht den Nutzeffekt bei der Bildinterpretation der angebauten landwirtschaftlichen Kulturen. Diese Aufnahme ist von einem Bildschirmgerät gemacht worden. Die weiße Linie markiert den Abschnitt, auf dem die Bewässerung der Felder noch nicht den Normen entspricht.

Herbst, wenn die Felder brachliegen.

Die Bodenkundler haben längst festgestellt, daß zwischen den Bodeneigenschaften und der Umwelt ein unmittelbarer Zusammenhang besteht, bei dessen Untersuchung häufig Orbitalaufnahmen helfen: Nach den Serien zeitlich unterschiedlicher Aufnahmen werden die Bedingungen der Bodenbildung und Bodenverbreitung in dem zu untersuchenden Gebiet analysiert, Ursachen einer Bodenverschlechterung geklärt und rechtzeitig Maßnahmen zum Schutz und zur Verbesserung der Böden ergriffen.

Der Ausschnitt einer vielfach vergrößerten kosmischen Aufnahme (Abb. 155) zeigt ein

Zwischengebirgstal mit intensiver landwirtschaftlicher Bearbeitung in der Umgebung stark bewaldeter Bergkämme in etwa 1000 m Höhe über dem Meeresspiegel. Hier, im Flußtal des Murins (Rayon Echirit-Bulagat, der Burjatische Autonome Bezirk Ust-Ordynski, Gebiet Irkutsk), haben die Wissenschaftler einen mittelgroßen Versuchsabschnitt gewählt, zu dem zahlreiche Felder am rechten Flußufer des Murins sowie Felder und bewaldete Hänge des links vom Fluß gelegenen Tals gehören. Periodische Aufnahmen dieses Testabschnitts werden seit September 1976 vorgenommen. Nach dem Abschluß eines zehnjährigen Untersuchungszy-

Abb. 159. Diese kosmische Aufnahme entstand fünf Jahre nach dem Schwarzweißfoto von der Hungersteppe zur Zeit des Höhepunkts der

Meliorationsarbeiten. Der Vergleich der beiden Orbitalfotos (siehe *Abb. 157*) läßt erkennen, wie weit die Arbeit vorangeschritten ist.

Abb. 160. Moderne, von Menschenhand geschaffene Oasen, die mit dem Wasser artesischer Brunnen bewässert werden, gehören zu der

seltenen Arten der landwirtschaftlichen Produktion. Solche Oasen gibt es in Libyen.





klus im Jahre 1986 wird eine prognostische Bewertung in der Richtung möglich sein, wie sich die Eigenschaften der mit Rasen bedeckten Bleicherde sowie des Waldbodens unter dem Umwelteinfluß verändern.

Mit der umfassenden Anwendung der aus dem Weltraum vorgenommenen Fernerkundung

der Natur kann man heute die äußeren Merkmale gleichartiger Böden verschiedener Kontinente vergleichen. Die Bodenkundler der verschiedenen Länder sind somit in der Lage, ihre Forschungsergebnisse untereinander auszutauschen. Gleichartige Böden, die Zehntausende Kilometer voneinander entfernt liegen,

Abb. 161. Diese kosmische Aufnahme vom Zwischenstromland von Ganges und Dschamna im indischen Staat Uttar Pradesh zeigt

Hunderttausende kleine Bauernfelder. Gut sichtbar sind die Hauptbewässerungskanäle.

haben häufig viele gemeinsame Eigenschaften.

Das Orbitalfoto 156 zeigt das Territorium in der Nähe des Eyresees in Australien. Die Böden dieser Gegend zählen zum Typ neutraler Braunerden und leichtalkalischer Böden des trockenen subtropischen Klimas. Die Gestaltung des Bodenreliefs wurde maßgeblich vom Wind und vom fließenden Wasser beeinflusst, die sich vorwiegend in eine Richtung bewegten. Geomorphologen behaupten, daß die Umgebung der Landschaft Kalmykiens in der UdSSR westlich des Wolgadelts täuschend ähnlich sei. Bodenkundler weisen darauf hin, daß solche Erde, wie die australische Braunerde in vielen Gebieten der Mittelmeerküste, in Bulgarien, im Südosten Aserbaidshans und in einzelnen Gebieten Mittelasiens vorkommt.

Viele Staaten der Welt stehen heute vor der Aufgabe, die Effektivität der landwirtschaftlichen Produktion zu steigern. Zu diesem Zweck beschloß die Sowjetunion 1981 zwei großangelegte langfristige staatliche Programme: das Lebensmittel- und das Meliorationsprogramm. Im Rahmen dieser Programme entstanden zwei miteinander verzweigte Zentren für die umgehende Verarbeitung und Auswertung von Luft- und Raumfahrtinformationen. Ein Zentrum untersteht dem Ministerium für Landwirtschaft und das andere dem Ministerium für Melioration und Wasserwirtschaft.

Das hängt damit zusammen, daß die Natur- und Klimaverhältnisse in einigen Gebieten unseres Staates einen viel komplizierteren Charakter als in manchen anderen Ländern aufweisen. Ein großer Teil der Getreideanbaufläche liegt in dürrgefährdeten oder wasserarmen Gebieten wie das Wolgagebiet, die ukrainische Steppe, bestimmte Regionen in Sibirien, Nordkasachstan und im Nordkaukasus. Es sind einige Fälle bekannt, wo die Getreideerträge in diesen Gebieten infolge verheerender Dürren um Millionen Tonnen niedriger als sonst lagen.

Ein Weg, um die Abhängigkeit der Landwirt-





Abb. 162. Während des Experiments „Terra“ im April 1984 fotografierte der indische Kosmonaut Rakesh Sharma das Delta der Flüsse Mahanadi und

Brahmani, die sich an der Küste des Staates Orissa in den Ozean ergießen. Indische Spezialisten interpretierten das Foto und verwendeten es bei

der Ausarbeitung von Methodiken zur Nutzung orbitaler Aufnahmen in der Hydrotechnik und Melioration.

schaft von einer Dürre oder von einem regnerischen Sommer zu überwinden, ist ein umfassendes Meliorationsprogramm. Die Aufstellung beliebiger Meliorationsprogramme setzt jedoch die Kenntnis über die hydrologischen Prozesse voraus, wie Schwankungen des Grundwasserstandes, die Wasserverhältnisse in Flüssen und Seen, den oberirdischen und unterirdischen Abfluß, den Feuchtigkeitsgrad der einzelnen Gebiete usw. Nur präzise und rechtzeitige Informationen über alle hydrologischen Prozesse können dem Bau gewinnbringender Wasserwirtschaftsanlagen dienen. Darum werden auch künstliche Erdsatelliten eingesetzt.

Die Hauptforderung moderner hydrologischer Untersuchungen ist die regelmäßige Überwachung der hydrologischen Parameter auf ausgedehnten Flächen. Das einzige Mittel, das dieser Forderung weitgehendst entspricht, ist ein mit Registrierapparaten ausgestatteter künstlicher Erdsatellit. Die Fernerkundung mittels eines Satelliten sichert in erster Linie eine Übersicht über ausgedehnte Gebiete der Erde. Im Vergleich zu Aufnahmen aus dem Flugzeug genügt in der Raumfahrt ein Hundertstel von Aufnahmen, um dasselbe Territorium hydrologisch zu erfassen und zu untersuchen. Außerdem ist damit eine erhebliche Kostensenkung verbunden. Nach Berechnungen amerikanischer Spezialisten kostet ein Satz Luftaufnahmen für die hydrologische Untersuchung des Territoriums der USA 12 Millionen Dollar. Der Einsatz von Satelliten zum Fotografieren desselben Territoriums verringert diese Kosten auf ein Sechszehntel.

Ein weiterer Vorteil des Einsatzes von Satelliten besteht darin, daß eine Verallgemeinerung der Forschungsergebnisse wesentlich erleichtert wird. Ein Komplex hydrologischer Objekte hat große Ausmaße. Wenn ein solcher Komplex vollständig aufgenommen wird, lassen sich die erhaltenen Informationen viel einfacher verallgemeinern, als es bei der

Zusammenstellung eines Panoramafotos aus vielen kleinen Aufnahmen der Fall wäre.

Weiter kann man bei einer solchen globalen Übersicht vergleichbare Angaben über einzelne Gebiete in der Welt gewinnen. Das ist sehr wichtig, weil die hydrologische Untersuchung regionalen Charakters in engem Zusammenhang mit globalen hydrologischen Erscheinungen betrachtet wird, um bei der Aufstellung und Überprüfung einer Hypothese über die Wasserbalance sicher zu gehen.

Objekte der Landwirtschaft und Melioration sind besonders dynamisch. In der Regel veralten Boden- und Wassernutzungskarten recht schnell. Regelmäßige Orbitalaufnahmen vermitteln aber eine dokumentierte Vorstellung sowohl von Feldern, Weideplätzen und Bewässerungssystemen als auch von ihren laufenden Veränderungen. Mit der fortschreitenden Umwandlung meliorierten Bodens in Ackerfelder und Obstgärten hilft die kosmische Inspektion, die Wirksamkeit von Dränagesystemen zu überwachen.

Die Abbildung 157 zeigt ein Orbitalfoto der Hungersteppe, die sich westlich vom Fluß Syrdarja und dem Tschardarja-Stausee im Gebiet Dshisak (Usbekistan) ausbreitet. Dieses Foto wurde im Juni 1975 von Bord der Orbitalstation Salut 4 aufgenommen, als in dem genannten Gebiet Meliorationsarbeiten zur Wasserversorgung der Hungersteppe und zu ihrer Umwandlung in ein Gebiet mit hochentwickelter Agrarproduktion auf Hochtouren liefen. Ungefähr in der Mitte des Fotos – etwas nach links – kann man mühelos einen hellen Abschnitt des noch nicht meliorierten Bodens erkennen, zu dem aus dem Osten und Süden ein neues Bewässerungssystem führt. Ein ebenso heller Fleck ist südlich von dieser Stelle zu sehen.

Die Abbildung 158 veranschaulicht, wie mit Hilfe eines optoelektronischen Systems Abschnitte der Meliorationsarbeiten durch Pseudocolorierung hervorgehoben werden (die



Abschnitte sind von gelber und roter Farbe). Eines der Hauptgebiete der Hungersteppe, das den im äußersten Südosten gelegenen Teil der Wüste Kysylkum darstellt, ist weißumrandet. Das System ermöglicht es, sowohl die Gesamtfläche dieser Region als auch einzelne Gebiete davon augenblicklich zu berechnen, da sie durch

gelbe und rote Farbe markiert sind.

Die Kosmonauten fotografierten diese Region aus dem Weltraum mehrmals im Jahr und versetzten die Spezialisten damit in die Lage, den Verlauf der Meliorationsarbeiten und die Erschließung des Brachlandes genau einzuschätzen.

Abb. 163. Das ganze
ausgedehnte Delta des
Amudarjas, der
Hauptwasserader
Mittelasiens, sowie das
mit ihm durch einen

Sammelkanal verbundene
Sarykamyschbecken sind
auf diesem Foto zu sehen.
Die Auflösung ist relativ
klein (zu unterscheiden
sind Landschaftsobjekte

mit einem Durchmesser
ab 60 m), doch vermittelt
das Bild eine anschauliche
Vorstellung von dem
Zusammenhang zwischen
der landwirtschaftlichen

Tätigkeit und dem
Bewässerungssystem.

Die zweite Orbitalaufnahme (Abb. 159), die fünf Jahre nach der ersten gemacht worden ist, zeigt die Umgestaltung der gesamten Hungersteppe, die nun mit ihrem Namen nichts mehr gemein hat. Westlich vom Fluß Syrdarja zeichnen sich an den sonnigen Stellen rechteckige Felder sowie Kanäle scharf ab.

Die letztgenannte Aufnahme illustriert anschaulich die von Spezialisten oft geäußerte Meinung, daß die Orbitalaufnahmen von landwirtschaftlichen Gebieten auf Positiv- und Negativfarbfilmen wegen der verhüllenden Wirkung der Atmosphäre erschwert seien, wodurch eine genaue Wiedergabe der Farbpalette von der Pflanzendecke erheblich gestört werde. In der letzten Zeit wird in vielen Ländern der Welt an Methoden zur Qualitätsverbesserung derartiger Orbitalaufnahmen durch deren Umwandlung mit Hilfe der optoelektronischen Technik gearbeitet.

Die kosmische Aufnahme 160 zeigt eine landwirtschaftliche Produktionsweise, die mit Recht als selten bezeichnet werden kann. Auf dem Foto ist eine große Anzahl runder Felder eines landwirtschaftlichen Komplexes in der Kufraoase in Südostlibyen zu sehen. Auf der Basis eines hier erkundeten unterirdischen Wasservorkommens, das auf unsichtbaren Wegen vom benachbarten Djebel-en-Narigebirge nach dort abfließt, ist in dieser Region ein ganzes System bewässerter Felder entstanden. Dieses fruchtbare Gebiet liefert mehrere Ernten pro Jahr, angefangen von Futterpflanzen bis hin zu Wein und Apfelsinen.

Die unterschiedliche Tönung des Fotos mit den runden Feldern hängt mit der Vielzahl der verschiedensten Pflanzenarten sowie mit den unterschiedlichen Etappen der landwirtschaftlichen Arbeiten zusammen. In der Mitte eines jeden Kreises befindet sich anscheinend die Achse einer leistungsstarken Bewässerungsanlage. Somit ist ein moderner Komplex zur Lebensmittelproduktion in der Libyschen Wüste

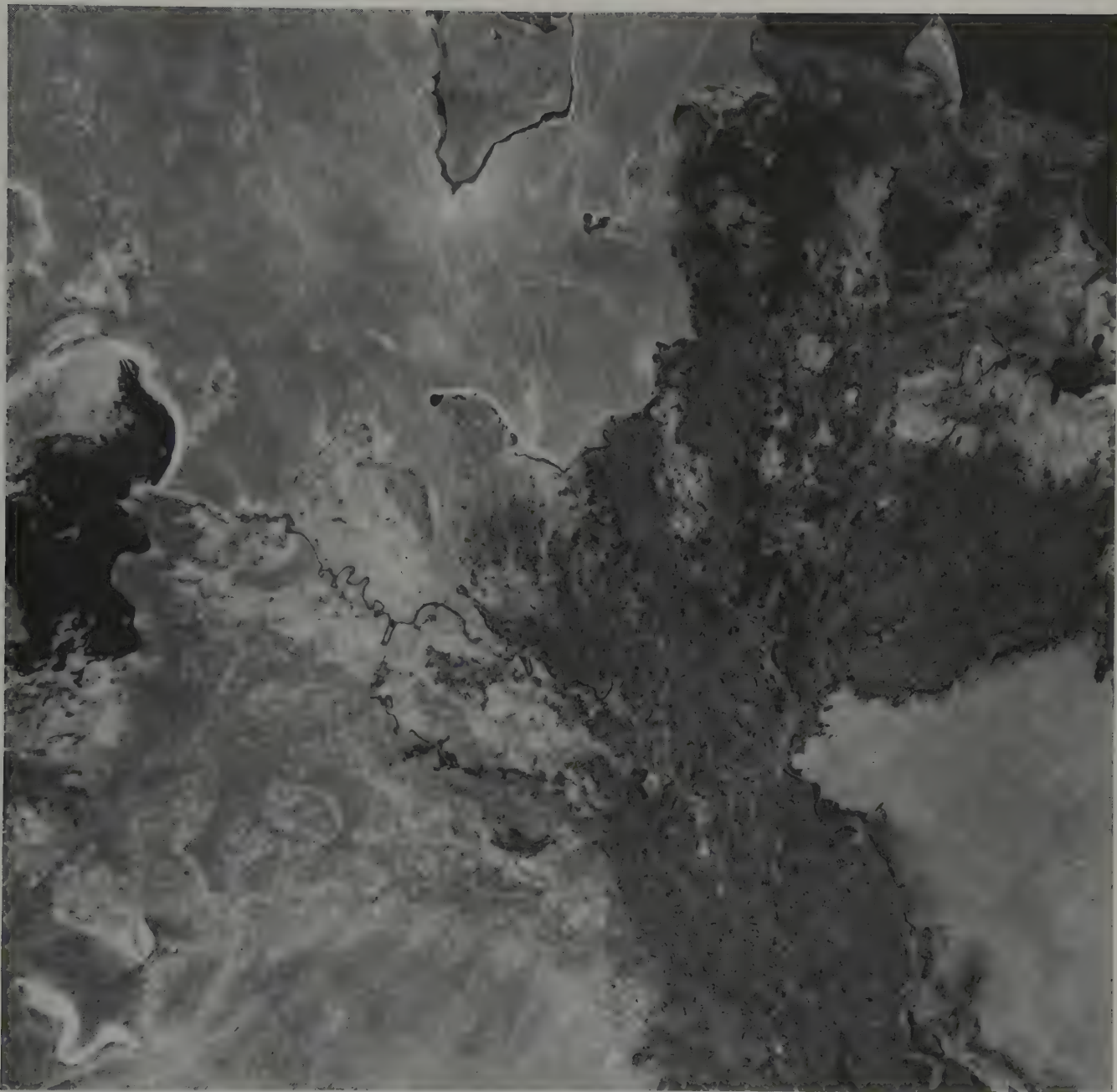
entstanden, in einem Gebiet mit besonders harten klimatischen Bedingungen.

Die Anwendung der Weltraumtechnik für die Vervollkommenung der landwirtschaftlichen Produktion und Melioration ist ein Schwerpunkt der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Fernerkundung der Erde aus dem Weltraum. Die Sowjetunion verfügt über entsprechende umfangreiche Erfahrungen derartiger Experimente, die im Rahmen des Interkosmos-Programms durchgeführt werden.

Ein überzeugendes Beispiel dafür sind die gemeinsamen Untersuchungen sowjetischer und indischer Spezialisten, insbesondere während der Vorbereitung und Durchführung des Fluges der Kosmonauten der UdSSR und Indiens im April 1984 sowie bei der Auswertung der gewonnenen Ergebnisse. Indische Spezialisten haben die während dieses Fluges gemachten kosmischen Farbaufnahmen im Detail analysiert und ihre Aussagekraft hoch eingeschätzt.

Wir möchten diese Aufnahmen lediglich kurz erläutern: Die Abbildung 161 zeigt den Zentralteil des Unionsstaates Uttar Pradesh im Flußtal des Ganges, das in Indien als heiliges Tal gilt. Es liegt im historischen Zentrum der indischen Kultur, wo über ein Viertel der gesamten Bevölkerung der Republik lebt. Quer durch das Bild schlängelt sich der Fluß Dschamna mit dem breiten Überschwemmungsgebiet seines Nebenflusses Chambal. Außerhalb der Bildgrenzen (am Fluß Dschamna) liegt die Stadt Delhi. Oberhalb der Abbildung der beiden Flüsse kann man unschwer unzählige begradigte Linien von Kanälen bemerken, darunter den Kanpurkanal, einen der größten in Indien.

Nach Ansicht indischer Spezialisten bedarf das Bewässerungssystem dieses Gebiets einer grundlegenden Verbesserung. Während der Regenzeit hält das natürliche und künstliche hydrologische Netz in der Regel dem Hochwasser nicht stand, und es kommt zu katastrophalen Überschwemmungen. Laufende



kosmische Aufnahmen sind für die Vervollkommenung dieses Bewässerungssystems unentbehrlich.

Zwischen den Flüssen Dschamna und Chambal und südlich davon zeichnet sich die Entwicklung eines Schluchtennetzes ab, das infolge einer fast totalen Abholzung der Wäl-

der und der Abweidung durch große Rinderherden entstanden ist. Die Orbitalfotos sichern eine Überwachung der Entwicklungsdynamik des Erosionsnetzes für die Ausarbeitung von Maßnahmen zur Erhaltung landwirtschaftlicher Nutzflächen, können aber auch für das Studium der Auswaschung des Oberflächen-



bodens im gesamten Gangestal sowie in anderen Teilen Indiens verwendet werden.

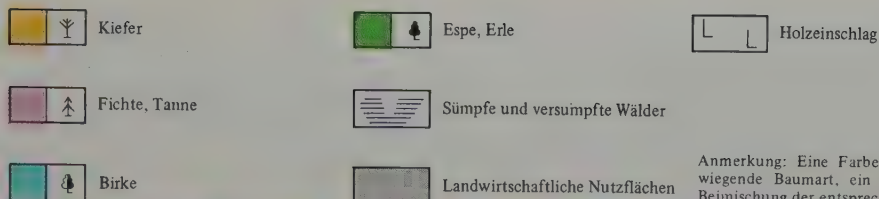
Das Foto veranschaulicht das Bodennutzungssystem dieses Gebietes, wo es praktisch keine größeren Felder gibt und das ganze Ackerland in zahlreiche kleine Parzellen aufgeteilt ist, auf denen Dutzende Arten landwirtschaftlicher Kulturen angebaut werden. Wohlgemerkt beträgt der Anteil der Stadtbevölkerung in diesem Gebiet kaum zehn Prozent.

In den Deltas der Flüsse Mahanadi und Brahmani im Unionsstaat Orissa (Abb. 162) liegt ein Gebiet intensiver landwirtschaftlicher Produktion, die sich auf ein weitverzweigtes Bewässerungssystem stützt. Unzählige Flußarme und die sie verbindenden Kanäle bilden ein

umfassendes Bewässerungssystem. Eine Serie von diesen Aufnahmen gestattet es, die wichtigsten Besonderheiten dieses Systems und seiner Funktionsweise zu kontrollieren. In diesem Fall machen sich die Austrocknung vieler Wasserläufe sowie die intensive Entnahme von Wasser für die Reisfelder bemerkbar, die dort reichlich die Hälfte der Saatfläche ausmachen. Unter den anderen Kulturen überwiegen Tabak-, Jute- und Kokospalmenplantagen.

Durch ihre dunkelblaue Farbe heben sich Untiefen in Küstennähe ab, die in der Regenzeit den schnellen Abfluß der hochwasserführenden Flüsse hemmen, was wiederum eine der Hauptursachen für die verheerenden Überschwemmungen in den Deltas der Flüsse Mahanadi

Abb. 164 und 165.
Aufnahme der Taiga bei
Belsk, Gebiet Archangelsk
(links), und das
Bildinterpretationsschema
(rechts)



Anmerkung: Eine Farbe zeigt die über-
wiegende Baumart, ein Zeichen – eine
Beimischung der entsprechenden Baumart



und Brahmani ist.

Der Bericht über die mögliche Verwendung von Orbitalfotos für Zwecke der Landwirtschaft und Melioration wäre nicht vollständig, wenn die Arbeiten auf dem Gebiet der kosmischen Hydrologie unerwähnt blieben.

Die Hydrologen erkannten als erste, daß sich für die Entwicklung ihrer Wissenschaft aus der Raumfahrt große Möglichkeiten ergeben. Die aus den bemannten und unbemannten Raumflügen gewonnenen Erkenntnisse bewiesen unwiderlegbar, daß hydrologische Untersuchungen aus der Orbitalhöhe aussichtsreich sind und der Volkswirtschaft einen spürbaren Nutzen bringen.

Die Erfassung der Ressourcen an Trinkwasser, dessen Bedarf mit der Entwicklung der Produktivkräfte und der Erschließung neuer Gebiete immer größer wird, gehört zu den wichtigsten Aufgaben der Hydrologen. Unter Verwendung traditioneller Methoden stellen die Hydrologen das Grundbuch großer und kleiner Flüsse, Stauseen, Binnenseen und Gletscher zusammen. Mit anderen Worten: Sie systematisieren die Informationen über Wasserressourcen. Diese Arbeit ist aber einerseits recht zeit- und kraftraubend sowie kostspielig, und andererseits veralten die dabei gesammelten Angaben sehr schnell, weil hydrologische Objek-



te häufigen Veränderungen unterworfen sind.

Viel vorteilhafter und wirksamer ist die Erneuerung hydrologischer Karten durch die laufende Gewinnung und Auswertung von Orbitalfotos. Im Frühling sind die Informationen über den Ablauf der Schneeschmelze in den zentralen Landesteilen, im Süden Sibiriens und im Fernen Osten besonders wichtig. Denn die genaue Voraussage des Endes der Schneeschmelze und somit der schneefreien Erdoberfläche in den verschiedensten Klimazonen hängt unmittelbar mit der Planung der landwirtschaftlichen Arbeiten im Frühling sowie mit der Ernteeinbringung zusammen. Derartige Arbeiten werden seit 1977 regelmäßig durchgeführt, als anhand von Orbitalaufnahmen der Station Salut 5 die Küstenlinie des Saissansees präzisiert wurde.

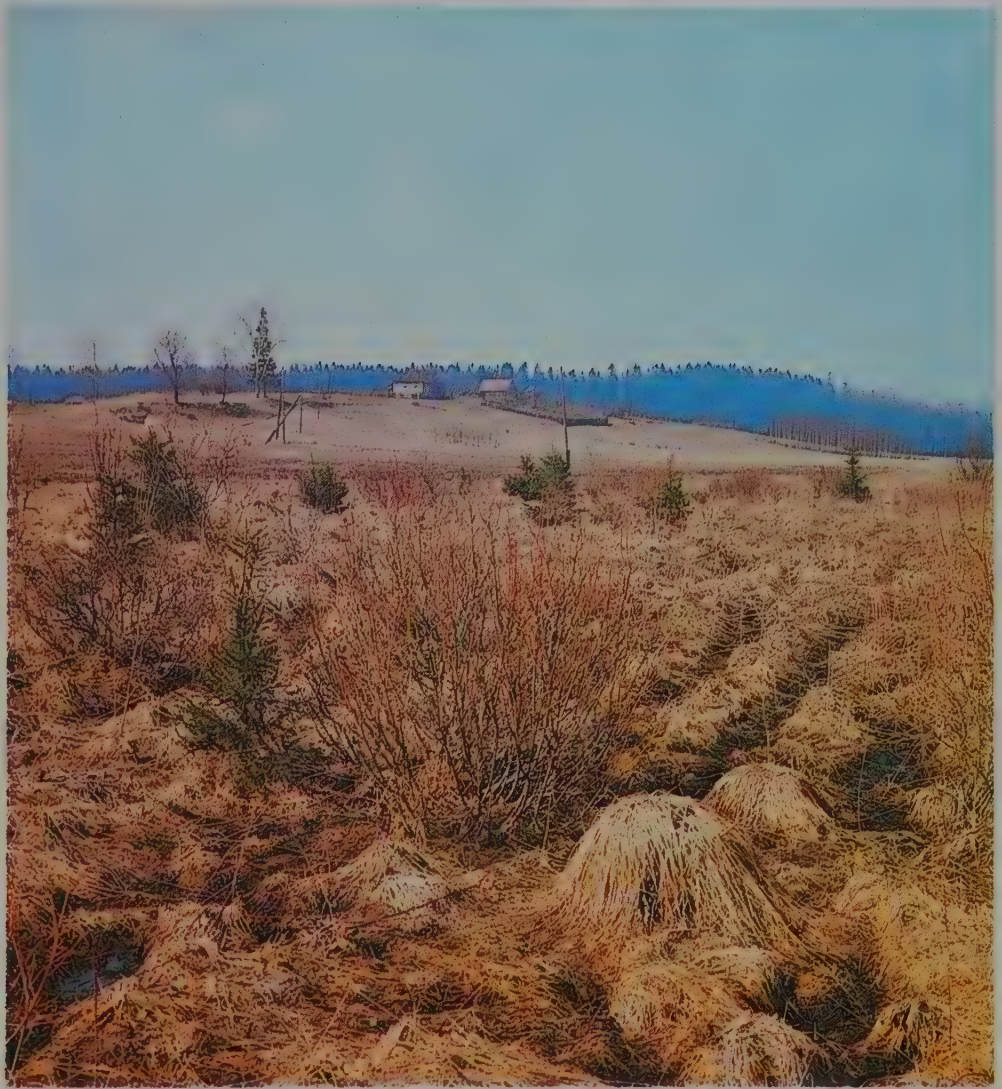
Alle zwei Tage umkreiste die Station Salut 5 die Erde auf der gleichen Flugbahn. Fotografierte die Station beispielsweise an den geraden

Tagen des Monats April die Felder im Gebiet Charkow, so nahm sie an den ungeraden Tagen die Felder um Wolgograd auf. Das bietet eine reale Möglichkeit, die Schneeschmelze im Netz von Erosionsrinnen und -schluchten sowie den Ablauf des Frühlingshochwassers konsequent zu verfolgen.

Insgesamt kann im Laufe von zehn Flugminuten von der Orbitalstation aus ein durchgehender Streifen fotografiert werden, der sich beispielsweise von der Westgrenze der Sowjetunion über die Städte Kursk, Woronesh und Orenburg bis nach Ostkasachstan erstreckt. Diese Aufnahmen würden ausführliche Informationen über die unterschiedliche Niederschlagsmenge an den im Windschatten liegenden bzw. an den der Windseite zugekehrten Hängen geben sowie Angaben über die durch Wind verursachte Schneeverteilung und über die Fleckigkeit usw. liefern.

Abb. 166 und 167.

Typische Waldlandschaft der Russischen Tafel. Sie ist recht gleichförmig: Ausgedehnte Laub- und Mischwälder wechseln mit landwirtschaftlichen Nutzflächen und Sumpfgebieten. An vielen Stellen der Russischen Tafel kommen Hügel- oder Moränenzüge vor. Etwa 30 Prozent des Territoriums Mittelrußlands sind mit Wald bedeckt. Im Norden überwiegen Wälder vom Taigatyp, im Süden sind es Laubwälder. Die weitere extensive industrielle und landwirtschaftliche Nutzung der Russischen Tafel ist hauptsächlich durch die Trockenlegung von Sümpfen möglich.

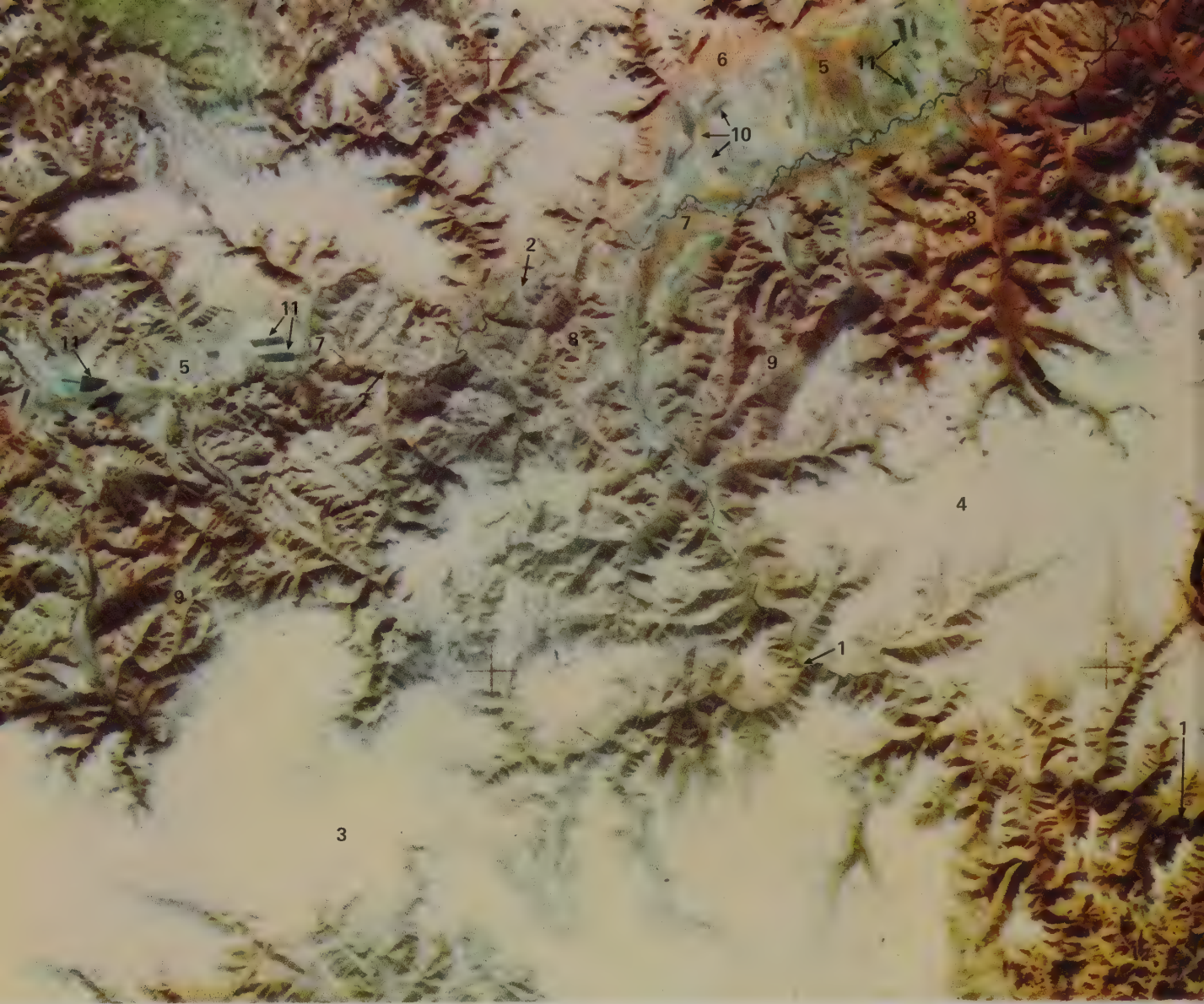


An kosmischen Informationen sind auch die an Flußstauseen gelegenen Wasserkraftwerke interessiert, weil ihre Stromerzeugung unmittelbar von der Schneemenge in dem jeweiligen Flußbecken oder vom Zustand der Gletscher abhängt. Die günstigen Schneeverhältnisse im Flußbecken des Wachs ermöglichten beispielsweise den Erbauern des Wasserkraftwerks Nurek, im Jahre 1977 seine Aggregate vorfristig in Betrieb zu nehmen. Für die Prognostizierung des Wasserabflusses aus dem Wachs werden heute noch immer traditionelle Berechnungsmethoden angewandt. Bereits in

den nächsten Jahren sollen dafür aber auch Orbitalangaben verwendet werden.

Großes Augenmerk gilt in der Hydrologie den Wasserverhältnissen der Flüsse, deren Abflußmenge im Laufe des Jahres erheblich schwankt. Für Flachlandflüsse sind Informationen über Hochwasser und Überschwemmungen besonders wichtig. Orbitalaufnahmen liefern den Spezialisten ausreichende Kenntnisse über die einzelnen Entwicklungsstadien dieser Naturereignisse auf ausgedehnten Territorien.

Mit den Wasserverhältnissen der Flüsse hängt die Untersuchung ihrer Trübstoffan-



schwemmung in Stauseen und in Küstengewässern der Meere eng zusammen. Im ersten Fall haben wir es mit einer negativen Erscheinung – der Verschlammung der in ihren Ausmaßen begrenzten Wasserspeicher – zu tun, im zweiten Fall mit einer komplizierten Erscheinung von Flußanschwemmungen, durch die bedeutende Nährstoffmengen ins Meer strömen, die ganze Schwärme von Nutzfischen anlocken.

Recht veränderlich verhalten sich die Binnenseen. In der UdSSR werden zahlreiche Fälle registriert, in denen die einen Seen rasch verlanden, während die anderen unablässig

Wasser aufnehmen. Die Überwachung der Dynamik des Binnenseennetzes einer ganzen Region oder gar eines ganzen Landes wäre nur mit Hilfe von Orbitalaufnahmen möglich.

Auf Orbitalaufnahmen zeichnen sich die Besonderheiten von Meliorationsnetzen deutlich ab. Ein Blick auf das Foto des Amudarjadeltas (Abb. 163) macht sichtbar, daß bedeutende Wassermengen von den Feldern um Choresm und Taschaut nicht mehr in den Fluß zurückfließen, sondern über den Seekollektor in das Becken von Sarykamysch fließen. Mehrere weitere Wasserläufe enden in Salzbodenniederun-

Abb. 168. Synthetisierte kosmische Farbaufnahme der Bergwälder des Altai. Fotografiert ist der Oberlauf der Katun.



Abb. 169. Zirbelkiefernwälder in einem Testabschnitt des Altaigebirges.



Abb. 170 (unten). Die Rote

Schneeball ist eine hochwertige Heilpflanze, die in den Wäldern des Altai weit verbreitet ist.

Abb. 171 (auf der Rückseite).

Synthetisierte kosmische Farbaufnahme der nordwestlichen Gebiete des Pamir. Die roten Schattierungen weisen auf die Vegetationsdecke hin.



gen. Einem Schulbeispiel glich das Funktionieren dieses Systems im Jahre 1969, als eine außerordentlich starke Schmelze der Schneedecke und der Gebirgsgletscher eintrat. Damals verhinderte dieses Meliorationssystem das Abfließen vieler Kubikkilometer Wasser in den Aralsee; es leitete das Wasser in das Becken von Sarykamysch um.

Zu den wichtigsten Richtungen der kosmischen Naturerkundung zählen Fernuntersuchungen und Bestandsaufnahmen von Wäldern. Besonders aktuell sind solche Methoden für Staaten, deren Waldflächen Hunderttausende

Quadratkilometer betragen.

In der Sowjetunion bedecken die Wälder eine Fläche von etwa 12,3 Mill. km² und erstrecken sich von der Waldtundra im Norden bis zu den Subtropen und den sonnenversengten Wüsten im Süden.

Nach Ansicht von Spezialisten wäre für eine Bestandsaufnahme der Wälder auf gesamtstaatlicher und regionaler Ebene die Kartierung von Waldflächen im Maßstab 1:1 000 000 bis 1:2 500 000 nötig. Eine solche Arbeit wird in der Sowjetunion mit Hilfe von Weltraumtechnik geleistet.

Die Zusammensetzung der nördlichen Wälder begrenzt sich auf rund zwanzig der wichtigsten Baumarten. Im Bereich eines Areals gedeihen in der Regel lediglich einige wenige Baumarten. Gerade solche Wälder bedecken den größten Teil unseres Landes. Ebendieser Umstand begünstigt eine erfolgreiche Inventarisierung der Wälder aus dem Weltraum. Allerdings hängt der volle Erfolg von sorgfältigen methodischen Untersuchungen auf Repräsentativparzellen durch ständige Boden- und Luftkontrolle ab.

Ein solches etwa 10 000 km² großes Waldtestgelände liegt am Ufer der Waga nordöstlich von der Stadt Welsk im Gebiet Archan-





Abb. 172. Pseudocolorierte Spektralaufnahme der Wälder an den Ufern der sibirischen Flüsse Jenissej und Nishnjaja Tunguska am nördlichen Polarkreis

Abb. 173. Pseudocolorierte Spektralaufnahme des Ob und seines linken Nebenflusses Parabel, der nördlich des 58. Breitengrades in ihn

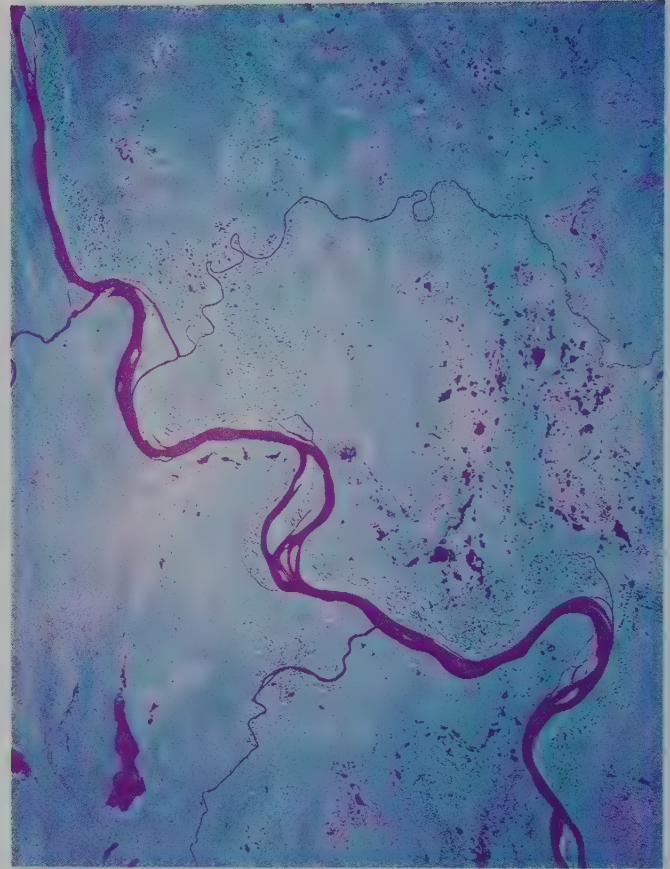
mündet. Die pseudocolorierte Abbildung ermöglicht es, Wälder mit Brandstellen zu kartieren.

gelsk. Dieses Testgelände ist auf dem pseudocolorierten Orbitalfoto (Abb. 164) zu sehen. Die Abbildung 165 enthält ein Schema für die Entschlüsselung des Orbitalfotos. Vergleicht man die beiden Bilder miteinander, kann man auf dem Foto die wichtigsten Baumarten und die unterschiedliche Zusammensetzung der Bestände erkennen. Die Fichtenwälder heben sich beispielsweise durch einen dunklen Farbton ab. In den Fällen, wo die Fichte eine andere Baumart lediglich ergänzt, sind die gelblichen oder grünlichen Schattierungen der Orbitalaufnahme dunkler. Die Birkenwälder sind in dieser Synthesevariante durch den blauen Farbton vertreten. Der Einwirkungsgrad der blauen Farbe auf andere Farbtöne in jedem Umriß der Taigalandschaft läßt darauf schließen, wie stark der Birkenbestand im Gegensatz zur Hauptbaumart ist. Jede Störung der blauen Farbe in der Abbildung der Birkenwälder weist auf einen Anteil anderer Baumarten hin. Die Instrumentalmethoden der Entschlüsselung unter Verwendung von Farbanalysatoren erhöhten in solchen Fällen den Nutzeffekt der Arbeit wesentlich.

An den beiden Flußufern der Waga, stromabwärts von der Stadt Welsk, deren Abbildung im linken unteren Bildausschnitt zu sehen ist, überwiegen Kiefernwälder mit Birkenbeimischung. Seltener treten Birkenhaine mit Nadelholzbeimischung an den Fluß heran. Vielerorts treten die Wälder vom Fluß zurück, um Acker- und Weideland Platz zu machen, das sich nach dem hellsten Farbton des Bildes ganz leicht erkennen läßt. Gelbliche Stellen auf dem Foto weisen auf sumpfige Taigaabschnitte hin.

Zwei Bodenaufnahmen (Abb. 166 und 167) geben eine Vorstellung von der typischen Landschaft längs der Puja, eines Nebenflusses der Waga. Die Puja überquert eine Hochebene auf ihrem Flußweg zur Waganiederung.

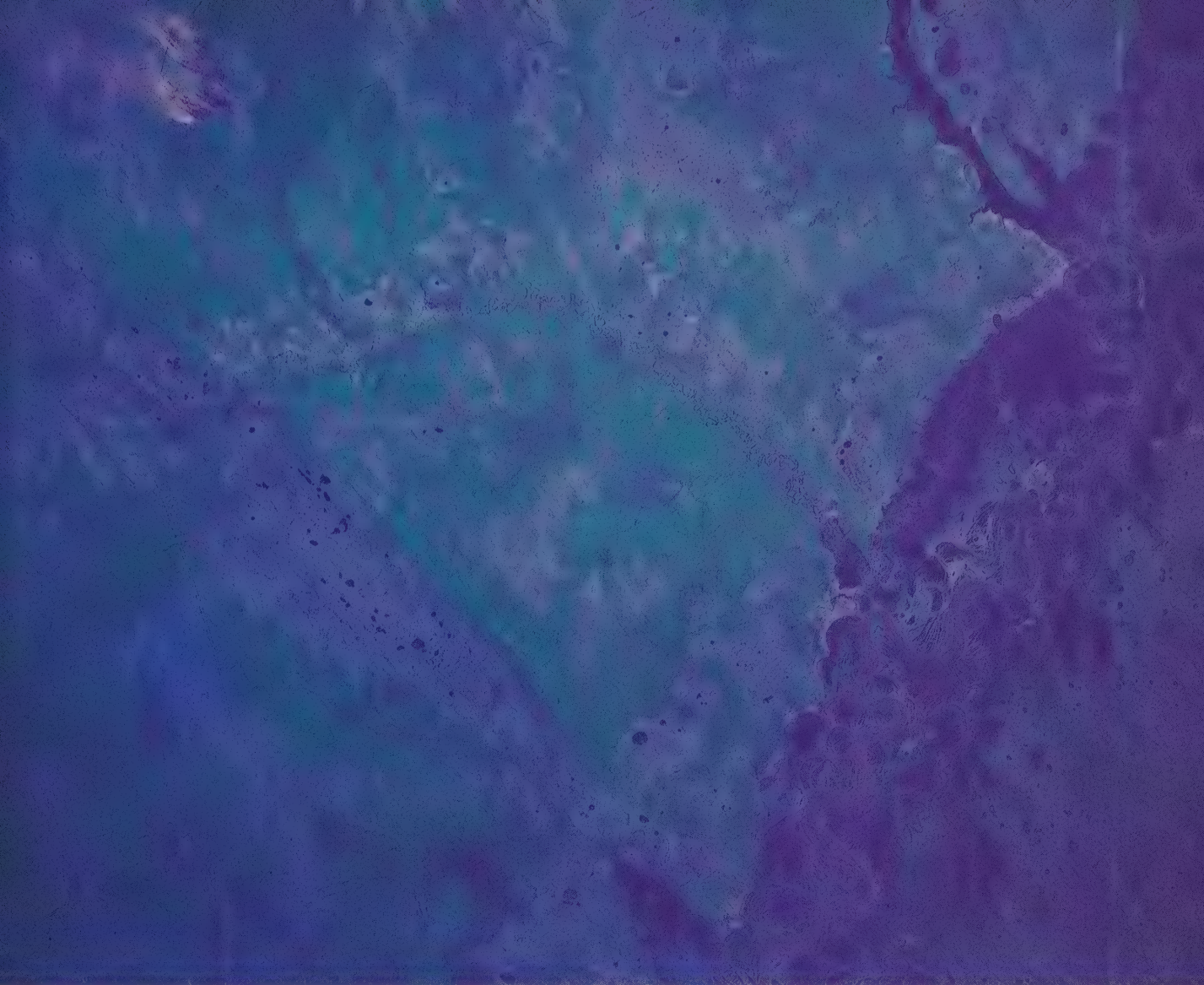
Das nach dem Orbitalfoto zusammengestellte Schema der Wälder in der Waganiederung ist derart ausführlich, daß es als Ausgangsmaterial



für die Planung der notwendigen Forstarbeiten sowie einer rationellen Nutzung der Waldbodenflächen verwendet werden kann.

Das wichtigste Waldtestgelände der Sowjetunion ist ein Teil des Mittelaltai (Abb. 168), wo die Flüsse Katun (1) und Koksa (2) entspringen. An den mit Neuschnee bedeckten Hängen des Gebirges Listwjaga (3) und Katun (4) sowie in den Zwischengebirgssenen (5) wachsen herrliche Wälder, die sich vor dem Hintergrund einer Bergsteppe deutlich abheben, deren Umrisse auf dem synthetisierten Orbitalfoto als gelber Fleck erscheinen.

Die Hauptbesonderheit der Gebirgswälder



für ihre Artzusammensetzung ist die jeweilige Höhenzone. Im Altai wachsen in den Tälern und an den Füßen der Hänge normalerweise Laubbäume und Fichten (7). An höher gelegenen Stellen wird die Fichte nach und nach durch die Edeltanne (8) verdrängt. Noch höher überwiegt die Sibirische Zeder, die auch Zirbelkiefer genannt wird (9). Den Zirbelkiefernwäldern des Altai gilt die besondere Aufmerksamkeit der Wissenschaftler. Zur Inventarisierung dieser Wälder verwenden sie Orbitalaufnahmen. Die mit Hilfe von Satelliten durchgeführte Synchronbeobachtung der Zirbelkiefernwälder läuft das ganze Jahr über. Das trifft besonders

auf mehrere Testabschnitte im Flußbecken der Katun und in der Nähe des Kurortes Tschernal am Westhang des Iolgogebirges (Abb. 169) zu.

In den Zwischengebirgssenen des Altai ist das Ackerland (10, 11) üblicherweise von Laubbäumen mit dem Unterholz aus Heilsträuchern umsäumt, von denen der Rote Schneeballstrauch (Abb. 170) wohl besonders bekannt ist.

Einen besonderen Platz im Waldbestand der UdSSR nehmen die Hochgebirgswälder ein, weil sie überall unter Naturschutz stehen. Die Inventarisierung der Waldpflanzen im Hochgebirge ist wegen der Unwegsamkeit recht beschwerlich. Bereits die ersten multispektralen Orbitalauf-

nahmen des Kaukasus, des Tienschan und des Pamir ergaben, daß die Waldvegetation im durchschnittlichen Gelände sich auf solchen Bildern recht scharf abzeichnet. Herrscht eine dichte oder eine nur wenig aufgelockerte

Abb. 174. Südlich der Stadt Barnaul, wo der Fluß Ob seine Richtung jäh ändert, liegt ein Waldtestabschnitt, an dem Methoden von kosmischen

Aufnahmen großer Waldmassive erprobt werden. Ende Juni 1982, als an Bord der Orbitalstation Salut 7 vier sowjetische Kosmonauten und der



Vegetation vor, dann heben sich Waldareale als grelle Flecke mit hohem Farbkontrast von der sie umgebenden Landschaft ab. Bei einer aufgelockerten Waldvegetation bekommen die Berghänge die entsprechende Farbe, deren Intensität im proportionalen Verhältnis zu ihrer Bewaldung steht.

Die Abbildung 171 stellt ein synthetisiertes Farbfoto der Pamir-Alai-Berge im Becken der Flüsse Surchob, Obichingou und Wantsch dar, auf dem sich die Waldvegetation wie grelle rote Flecke heraushebt (sie kann auch mit jeder anderen Farbe synthetisiert werden). Auffallend ist, daß in der Richtung von Ost nach West (links

über das Bildfeld) die Berghänge eine immer dunkelrotere Farbe annehmen, die stellenweise überwiegt. Eine solche Abbildung beweist, daß eine Waldvegetation an den Hängen der Gebirgskämme Wantsch und Darwas (im rechten Drittel des Bildes) fehlt, da dort Felsen, ewiger Schnee und Eis vorherrschen, und wie sich dann allmählich im Flußbecken des Obichingous an den Berghängen Waldvegetation zeigt. Das Flußbecken zieht sich fast diagonal über das Bild. Ganz am Oberlauf dieses Tals heben sich vor dem blauen Hintergrund der Felshänge die roten Flecke der Birken- und Pappelnhaine ab, die von Menschenhand noch unberührt sind,

französische Raumfahrer Jean-Loup Chretien tätig waren, kamen bei Aufnahmen dieses Testabschnitts Fotoapparate und

Spektrometer zum Einsatz, die gleichzeitig in 1 km und 350 km Höhe eingeschaltet wurden. Die gemeinsame Auswertung dieser Materialien lieferte

den sibirischen Wissenschaftlern wertvolle Informationen über die mögliche Erfassung des Waldbestandes aus dem Orbit.

Abb. 175, 176 und 177. Beerenpflanzen sibirischer Wälder: Heidelbeer-, Preiselbeer- und Himbeerpflanzen (unten)



weil die nächsten Ortschaften 30 bis 40 Kilometer hinter hohen Bergen und unpassierbaren Gebirgsflüssen liegen.

Das hohe Erschließungstempo des europäischen Nordens der UdSSR und Sibiriens verlangte eine umgehende Bestandsaufnahme und Kartierung der Wälder auf einem riesigen Territorium, das vorwiegend von der Taiga bedeckt ist. In der Taiga ist die Zusammensetzung der Pflanzenwelt recht homogen. Dort überwiegen Nadelhölzer wie Fichte, Edeltanne, Lärche, Kiefer und Zirbelkiefer mit einer geringfügigen Beimischung von Laubbäumen und recht kargem Unterholz. Die Taigalandschaft



Abb. 178. Synthetisierte kosmische Farbaufnahme des Flusses Bargusin in Transbaikalien

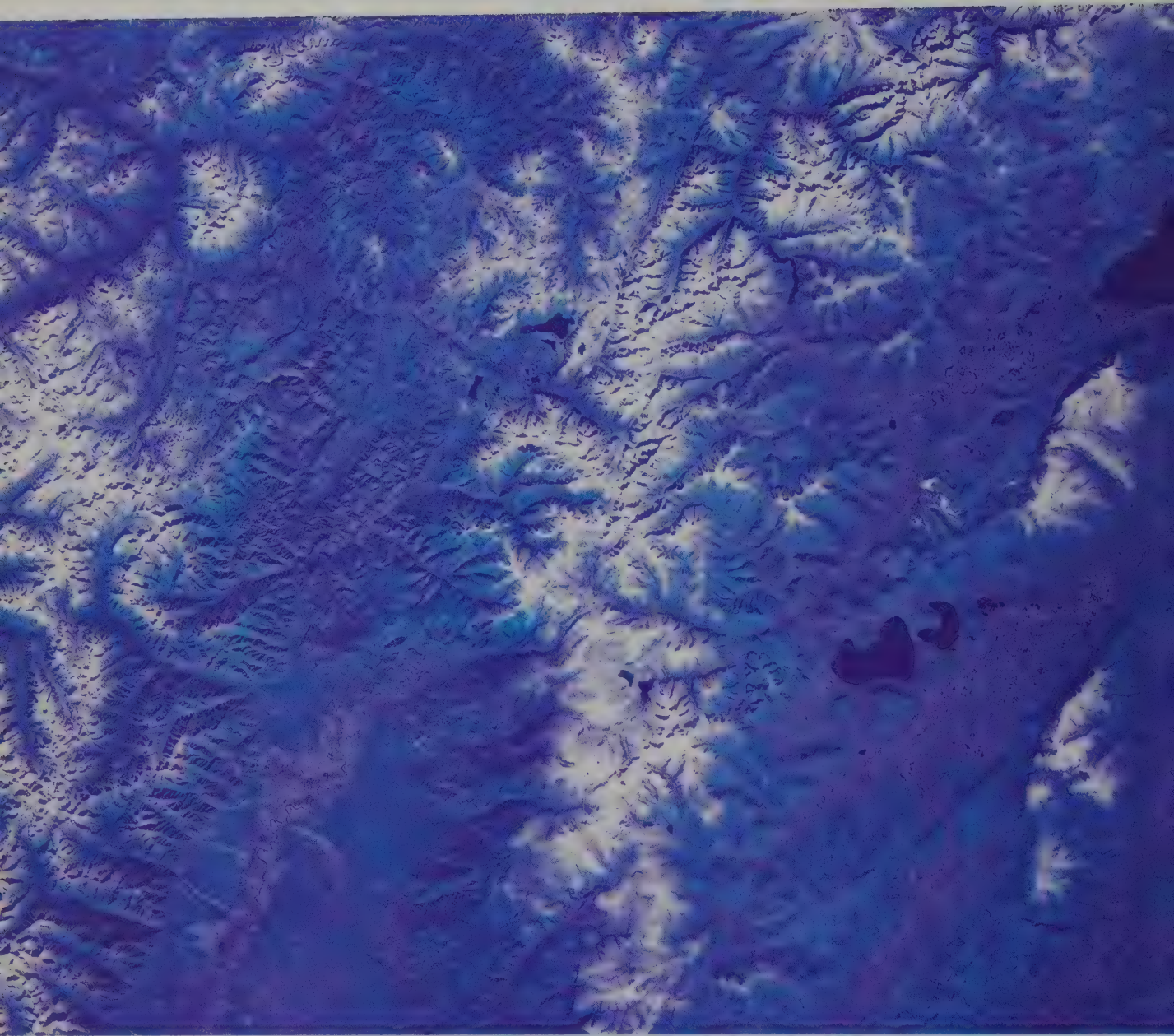
der am häufigsten vorkommende Baum in der Bargusintaiga.

erscheint auf den Fotos üblicherweise vielfarbig, weil sie mit Sümpfen, Seen und unzähligen Flüssen bedeckt ist.

Die Abbildung 172 zeigt eine typische Wald-tundrenlandschaft am Nordpolarkreis, wo die Flüsse Nishnjaja Tunguska und Kurejka in den

Abb. 179. Die Lärche ist





Jenissej münden. Auf der Orbitalaufnahme ist zu sehen, wie die Waldvegetation in einer 200 km breiten Zone südlich vom Polarkreis nach und nach die Sträucher ablöst. Die mosaikartige Textur der Abbildung im Südteil des Fotos läßt darauf schließen, daß die Bewaldung dieser Region gering ist.

Die Abbildung 173 ist eine Orbitalaufnahme

vom Wald am linken Ufer des Ob, wo die wasserreichen linken Nebenflüsse Wassjugan und Parabel in den Strom münden. Dort – zwischen dem 58. und dem 59. Grad nördlicher Breite, in der Nähe des Rayonzentrums Kolpaschewo – haben die Wälder typischen Taigacharakter. Bei solchen Wäldern spricht man vom „Taigameer“, weil sie sich über

Abb. 180. Pseudocolorierte kosmische Spektralaufnahme des Flußtals des Bargusin. Dieses Bild wurde gleichzeitig mit der

Aufnahme auf Abbildung 178 gemacht.

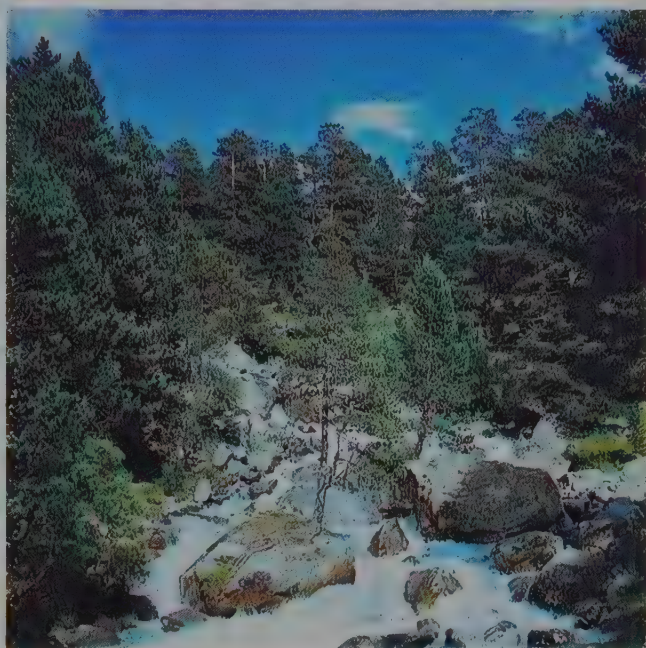
Abb. 181. Wald am Ufer des Baikalsees

Abb. 182. Kiefernwälder

an den Hängen des Bargusin-Bergrückens in Transbaikalien

Abb. 183 (unten). Die Hänge der Seebecken in

Transbaikalien sind mit reifen Kiefernwäldern bedeckt. Im nördlichen Teil dieses Gebiets haben viele Gebirgsketten keinerlei Baumbestand.



viele Hunderte Kilometer erstrecken. Wegen der Frühjahrsüberschwemmungen, bei denen ausgedehnte Niederungen unter Wasser stehen, fehlt die Waldvegetation des öfteren unmittelbar am Flußbett. Sobald sich aber die Gegend auch nur um wenige Meter erhöht, herrschen die Wälder in der Landschaft vor. Die Abbildung 174 gibt eine Vorstellung davon, wie die Wälder längs des Ob aus der Vogelperspektive aussehen.

Auf der Orbitalaufnahme sind die Flußniederungen von Ob und Wassjugan dunkelviolett, die überreifen Lärchenwälder bläulichgrün gefärbt. Auf dem Foto sind die Rauchfahnen von Waldbränden im Sommer 1977 in der Nähe der Siedlung Borowoje zu erkennen. Jahrzehnte müssen bekanntlich vergehen, bevor auf Waldbrandstellen wieder junge Bäume wachsen. Zuvor aber wird die Taiga die brandgeschädigten Stellen mit einem Teppich aus Beerenpflanzen (auf den Abbildungen 175 und 176 kann man eine Decke aus Blaubeeren



Abb. 184 (links).
Synthetisierte kosmische
Farbaufnahme der
bewaldeten Berge am
Südwestufer des Baikalsees

Abb. 185. Synthetisierte
kosmische Farbaufnahme
der Taigalandschaft
zwischen den Flüssen
Wiljui und Tjung in
Jakutien. Vom
Hintergrund eines Reliefs,
das durch das Abtauen
ewigen Frostbodens
geprägt ist, heben sich
Abschnitte von Mischwald
ab, der weithin versumpft
ist. Im rechten Teil des
Bildes zeigen die dunklen
Flecke sowohl neue als
auch verwachsene
Waldbrandstellen an.

und Preiselbeeren sehen, die in der Taiga wohl besonders verbreitet sind) oder mit dem undurchdringlichen Himbeergestrüpp (Abb. 177) zudecken.

Die Zusammensetzung der Taigawälder wird immer vielfältiger, je weiter der Beobachter seinen Blick nach Süden richtet, wo schließlich die Berge auftauchen. Die ausgedehnten sibirischen Tiefebene am rechten Ufer der Lena werden nach und nach durch Mittelgebirgsketten abgelöst. Die Arbeiten bei der Bestandsaufnahme und Erhaltung von Wäldern in Ostsibirien werden wesentlich wegen des stark

durchschnittenen Geländes und der zunehmenden Beimischung vieler Laubhölzer erschwert. Die kosmischen Fernaufnahmen der Wälder dieses Teils der UdSSR (der die Fläche Westeuropas wesentlich übersteigt) zur laufenden Erneuerung der Waldfondskarten erlangen eine besondere Bedeutung, weil hier in der West-Ost-Richtung die Baikal-Amur-Magistrale führt, die mit Recht als Schlüssel zu dieser Schatzkammer der Erde gilt.

Die Orbitalaufnahme 178 zeigt die Gebirgs-taigalandschaft des nordöstlichen Transbaikaliens. In der Mitte des Bildes zieht sich



nach links und nach unten das Flußtal des Bargusins hin, der (außerhalb des Bildbereichs) in den Baikalsee mündet. Hinter einem verschneiten Gebirgskamm trägt die Zipa ihr Wasser in der Gegenrichtung durch eine Seenkette. Im linken oberen Bildteil sieht man enge Flußtäler, die ihr Wasser an die Obere Angara abgeben, die in den nördlichen Teil des

Baikalsees mündet. Der größere Teil dieses Territoriums ist mit herrlichen Wäldern bewachsen, die intensiv abgeholzt, aber auch wiederaufgeforstet werden. Die vorherrschende Baumart ist hier die Lärche (Abb. 179), deren Verbreitungsgebiet durch die bläulichgrüne Farbe kenntlich ist. Es fällt auf, daß dieser Nadelbaum fast bis zu 2000 Meter hoch ins Gebirge

Abb. 186. Alassy bedeuten muldenartige Einsenkungen in Gebieten mit Dauerfrostboden, entstanden durch Setzungsbewegungen beim

Abtauen des Bodeneises in der jakutischen Taiga. In der Regel sind die Gegenden dieser Art mit Sumpfpflanzen bedeckt. Alassy sind in Gruppen

konzentriert und zählen Dutzende bis Tausende versumpfter Einsenkungen.

Abb. 187. Das versumpfte Hochwasserbett eines

Flusses inmitten einer Moränenlandschaft, die von alten Gletschern geprägt worden ist.





steigt. Wohlgermerkt liegen die Gipfel des Stanowoigebirges auf dem Orbitalfoto vielerorts höher als 2500 Meter über dem Meeresspiegel.

Eine Fortsetzung der vorangegangenen Orbitalaufnahme ist die kosmische Abbildung 180, auf der der in den Baikalsee mündende Bargusin abgebildet ist. Der See zeigt sich umrahmt von steilen bewaldeten Ufern (Abb. 181), außerdem sind noch die Wälder beiderseits des Sees (die Aufnahme ist aus drei Schwarzweißfotos synthetisiert worden) zu sehen. Eine bunte Farbpalette unterstreicht die unterschiedlichen Arten der Pflanzendecke. Hervorstechend ist die braune Farbe der Kiefernwälder, die an den Berghängen (Abb. 182) und an den Ufern kleiner Seen in Senken (Abb. 183) wachsen. Hier – in den Grenzen des Naturschutzgebiets Bargusin – be-

findet sich ein Testgelände, an dem die Orbitalmethoden zur Inventarisierung und Taxierung sibirischer Wälder erprobt werden.

Die Multispektralaufnahmen aus dem Weltraum sind in der UdSSR heute zur Hauptmethode der Kartierung von Wäldern geworden.

Die Abbildung 184 zeigt einen Ausschnitt der vergrößerten synthetisierten kosmischen Farbaufnahme des südwestlichen Ufers des Baikalsees an der Mündungsstelle der Flüsse Goloustnaja und Buguldejka. Die rotbraune Farbe kennzeichnet auf dieser Abbildung Kiefernwälder an den Berghängen und die kuppelartigen Wasserscheidestellen. Inmitten der Kiefernwälder heben sich zahlreiche rechteckige Abholzflächen hervor. Die Kartierung dieser Flächen und deren Messung bereiten



keine Schwierigkeiten. Auf diese Weise kann man aus der Orbitalhöhe die Dynamik der forstwirtschaftlichen Erschließung eines Territoriums mit Erfolg untersuchen. Derartige Untersuchungen sind von Zeit zu Zeit nötig, um möglichen Übertretungen der zulässigen Abholznormen vorzubeugen und den Wald zu erhalten, dem eine sehr wichtige Rolle beim Schutz der

Gewässer und bei der Bekämpfung von Bodenerosion zukommt.

Die synthetisierte Orbitalfarbaufnahme der jakutischen Taiga (Abb. 185) macht mit den Auenwäldern in einem Thermokarstrelief bekannt, das für Sibirien und Kanada typisch ist. Der Dauerfrostboden übt auf die Gestaltung der Landschaft, darunter auch auf den Artbestand

Abb. 188. In der heißen Sommerzeit ist ein Waldbrand eine wahre Geißel der sibirischen Taiga. Auf dem Foto sind Entstehungsherde und

Rauchfahnen von Waldbränden zu sehen.

Abb. 189, 190 und 191. Waldvegetation der Insel Sachalin

der Waldvegetation, den entscheidenden Einfluß aus.

Längs der Flußauwe des Wiljuis und seines linken Nebenflusses Tjung sind an Überschwemmungsterrassen zahlreiche Senkungen hellgelber



Farbe zu sehen, in deren Mitte sich des öfteren Seen befinden, deren Färbung dunkel bis nahezu schwarz ist. Diese muldenartigen Einsenkungen – Alassy – entstehen durch Absenkungen beim Abtauen des Bodeneises.

Die Alassy (Abb. 186) sind üblicherweise mit dichtem Gras und spärlichem Wald bedeckt, in dem Laubbäume mit Kiefernbeimischung überwiegen. Solche Wälder auf den Terrassen erfüllen eine Wasserschuttfunktion und benötigen in erster Linie der Hege durch den Menschen. Die Hochwasserbetten der Flüsse sind üblicherweise versumpft (Abb. 187). Das Aussehen dieser Sümpfe sowie deren Flora und Fauna sind für die Sümpfe des europäischen Teils der UdSSR, West- und Nordeuropas sowie Nordamerikas typisch.

Auf dem letzten Foto kann man Spuren frischer Waldbrandstellen inmitten eines Lärchenwaldes am rechten Ufer des Tjungs – 10 bis 40 Kilometer von seiner Mündung in den



Wiljui – sehen. Dort fällt ein Zeichen in Form eines Kreuzes auf. Anscheinend brach der Waldbrand dort zumindest dreimal aus. Das Feuer breitete sich von Westen nach Osten (auf dem Bild von links nach rechts) aus und wurde nur von größeren Flüssen gestoppt, während kleinere Flüsse kein Hindernis darstellten.

Wie die Taigabrände aus der Höhe einer Orbitalstation aussehen, zeigt die Abbildung

188. Vor dem Hintergrund der in Morgendämmerung gehüllten Taiga an den beiden Ufern des Amurs und einer Wolkenkette kann man zahlreiche Waldbrandherde und graue Rauchfahnen mühelos erkennen, die sich in der Windrichtung über viele Kilometer hinziehen. Die Rauchschwaden während der Brände in der Taiga, in den Nadelholzwäldern Kanadas oder in den Laubholzwäldern Australiens lassen sich

Abb. 192. Synthetisierte kosmische Farbaufnahme der tropischen Wälder an den Hängen der Bergketten in den Westghats in der

Umgebung der Stadt Sagar auf dem indischen Subkontinent. Diese Aufnahme wurde vom indischen Kosmonauten Rakesh Sharma gemacht.

Abb. 193. Die vielschichtige Waldvegetation an den Berghängen der Tropen

218–219). Panoramabild vom Tal des Flusses Mangoky auf Madagaskar

Abb. 194 und 195 (auf S.

übrigens aus dem Orbit auf eine Entfernung von Hunderten Kilometern erkennen.

Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Wälder am Amur ist recht groß. Allein im Rayon Tschugujew beträgt die Rodung jährlich etwa 2 Mill. m³, von denen ein Drittel aus hochwertigem Zirbelkiefernholz besteht. Insgesamt werden aber die Holzvorräte in der Küstenregion von Spezialisten auf rund 2000 Mill. m³ geschätzt. Der größere Teil davon sollen reife Nadelholzbäume sein.

In der Forstwirtschaft der UdSSR kommt den Wäldern der Insel Sachalin (Abb. 189, 190 und 191) wegen ihres Artbestands eine besondere Bedeutung zu. In großen Mengen gedeihen hier Fichte, Eiche, Buche, Ulme, Esche, Eibe, Koreazirbelkiefer, Edeltanne, Korkbaum, Eisenbirke sowie viele andere Baumarten, die für die japanischen Inseln und Chinas nordöstliche Provinzen charakteristisch sind (Rotkiefer, Zitronenbaum u. a.).

Brände sind eine Geißel für alle Wälder des Erdballs. Der Kosmonaut V. V. Rjumin stellte fest: „Wälder brennen auf allen Kontinenten. Mehrere Waldbrände, die relativ nahe beieinander liegen, nehmen sich aus dem Kosmos wie rauchende Fabrikschlote aus. In Sibirien sehen Waldbrände anders aus als, sagen wir, in Afrika. Ich kenne die Ursachen dafür nicht, vielleicht liegt es an den Baumarten, aber in Afrika gibt es weniger Rauch. Wenn die Taiga brennt, ist der Rauch dicht und schwarz... Übrigens konnten wir uns davon überzeugen, daß bei weitem nicht an allen Waldbränden der Mensch schuld ist. Häufig werden Waldbrände durch Blitze ausgelöst. In Gegenden, wo es ein Gewitter gegeben hat, bildet sich oft ein Streifen aus Brandherden, der sich über Tausende Kilometer hinzieht. Wir beobachteten aufmerksam Waldbrände, weil zu unserem Programm die Aufgabe gehörte, alle Brandherde in Wäldern schon bei ihrer Entstehung zu finden und darüber die Erde zu informieren.“



Heutzutage ist der Brandschutz der Wälder im Fernen Osten, in Sibirien sowie in anderen walddreichen Gegenden der UdSSR ohne Orbitalinformationen nicht mehr denkbar. Zur Gewinnung von Angaben über Waldbrände und Witterungsverhältnisse auf dem sowjetischen Territorium sind im Weltraum stets die Satelliten vom Typ Meteor im Einsatz. Eine gute Ergänzung dieser Informationen stellen die Beobachtungen der Kosmonauten dar. All diese Angaben dienen der laufenden Prognostizierung der Waldbrandverhältnisse in den Wäldern der UdSSR, dem Studium der Entwicklungsdynamik von Bränden, der Präzisierung der

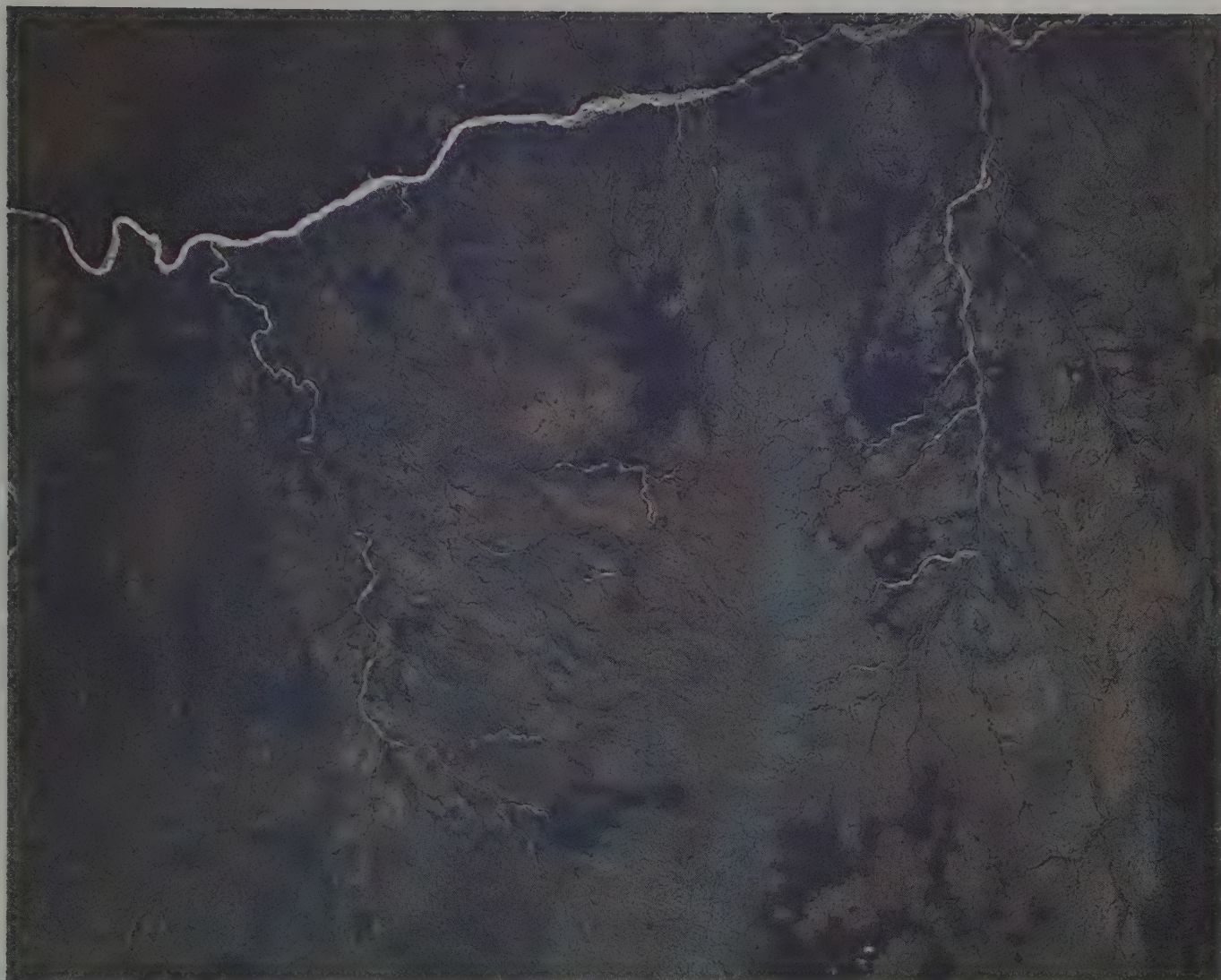


Rauchfahnenverbreitung sowie der Planung von Maßnahmen zur Feuerbekämpfung im Wald, darunter auch des Einsatzes von Flugzeugen und Hubschraubern für die Waldbrandbekämpfung.

Legitim wäre die Frage: Gibt es denn überhaupt ernste Probleme bei der Anwendung orbitaler Methoden der Walduntersuchung, wenn diese Methoden derart wirksam und relativ einfach sind? Ja, diese Probleme gibt es! Die Hauptschwierigkeiten der orbitalen Waldinventarisierung hängen dabei nicht mit dem Auflösungsvermögen von Aufnahmeapparaten zusammen, das sehr hoch sein kann, sondern mit dem Artbestand von Wäldern.

Denn die Fernerkundung mit Hilfe optischer Geräte liefert Informationen lediglich über die Wipfel der Wälder.

Dieser Mangel muß als sehr schwerwiegend gelten, wenn man bedenkt, daß eine solche Walduntersuchungsmethode sich als wenig wirksam in Anwendung auf tropische Wälder erweisen kann, die mit Recht als die „Lungen der Erde“ bekannt sind. Denn in diesen Wäldern wachsen Bäume von 50 bis 60 Meter Höhe, und es gibt mehrere Etagen von Pflanzen, deren Artbestand unvergleichlich vielfältiger als in den Wäldern des gemäßigten Gürtels ist. Dabei übersteigt die Gesamtfläche aller tropischen



Wälder der Welt 30 Mill. km²!

Auf dem Orbitalfoto 192 ist das Wald-dickicht Westghats', das in Indien längs der Küste des Arabischen Meeres liegt, zu sehen. In diesen breitblättrigen Regenwäldern gedeihen immergrüne Pflanzen. Eine Bodenaufnahme (Abb. 193) vermittelt eine Vorstellung von dieser Vegetation. Die reichhaltige Farbenpalette der synthetisierten Orbitalaufnahme und deren mosaikartige Struktur zeigen, wie unzählige Waldpflanzen in den verschiedensten Kombinationen ineinandergreifen.

Die Orbitalaufnahme 196 zeigt die tropischen Regenwälder im südlichen Teil der Insel

Ceylon. Die dritte Abbildung von Wäldern aus dem tropischen Gürtel ist aus zwei Orbitalfotos (Abb. 194 und 195) hervorgegangen. Die Fotos zeigen das Flußbecken des Mangokys, der in den Westen des Zentralen Hochlands der Insel Madagaskar fließt. In dieser Region wachsen trockene lichte Laubwälder mit Blattfall, aus denen übrigens etwa ein Viertel der gesamten Fläche der tropischen Pflanzendecke der Erde besteht.

Die Fotos lassen darauf schließen, daß im Südwesten von Madagaskar Wälder lediglich unter den Bedingungen des kontrastreichen Reliefs erhalten bleiben. Die Pflanzendecke ist



Abb. 196. Kosmische Aufnahme des südlichen Teils der Insel Ceylon

durch den Eingriff des Menschen umgestaltet worden. Überall sind Plantagen zu sehen. Am Unterlauf des Mangokys weicht der Wald den

Pflanzen der tropischen Steppe und Wüste.

Die Auswertung orbitaler Foto-, Fernseh- und SHF-Aufnahmen unter Hinzuziehung von Materialien der Bodenuntersuchung der Testabschnitte kann bereits in den nächsten Jahren die Einschätzung der Ressourcen tropischer Wälder möglich machen.

KOMPLEXE KARTIERUNG DER NATURRESSOURCEN

Jahrelange Experimente haben ergeben, daß gerade die komplexe Kartierung der Naturressourcen den größten technisch-ökonomischen Nutzeffekt erbringt. In diesem Fall wird das Natur- und Wirtschaftspotential ganzer Regionen bzw. einzelner Staaten nach einem koordinierten Plan von Forscherteams untersucht, die viele Richtungen der Wissenschaft über die Erde vertreten und nach abgestimmten Methodiken vorgehen. Sie benutzen bei der Kartierung nach den allgemein üblichen Methoden die gleichen Orbitalaufnahmen und stellen im Ergebnis dessen eine Serie von Karten zusammen, die hinsichtlich der Reliefkonturen, Be- und Entwässerungssysteme usw. miteinander übereinstimmen. Jede dieser Karten spiegelt die räumliche Verteilung und verschiedene Charakteristiken bestimmter Arten von Naturressourcen wider. In ihrer Gesamtheit ergeben diese Karten ein ganzheitliches Bild des Naturpotentials des jeweiligen Territoriums.

Ein weiterer Vorzug dieser Kartenserie ist, daß die natürliche Umwelt gleichzeitig abgebildet wird. Besonders wichtig ist dies, wenn es sich um Gebiete handelt, deren Natur unter starker Einwirkung menschlicher Tätigkeit steht. In diesem Fall kann man anhand der Kartenserie die Tendenzen der Änderung in der Landschaft erkennen und Maßnahmen gegen ihre Beeinträchtigung durch die wirtschaftliche Tätigkeit des Menschen ergreifen.

Im Unterschied zu traditionellen Untersuchungen, bei denen völlig unterschiedliche Methoden und technische Mittel verwendet und dabei schwer vergleichbare Materialien gewonnen werden, bietet die komplexe Kartierung die Möglichkeit, die Gesamtheit der natürlichen Objekte – geologische Strukturen, Vegetation, Böden, Wasserläufe usw. – miteinander in Verbindung zu bringen, aufeinander abzustimmen und allseitig zu analysieren.

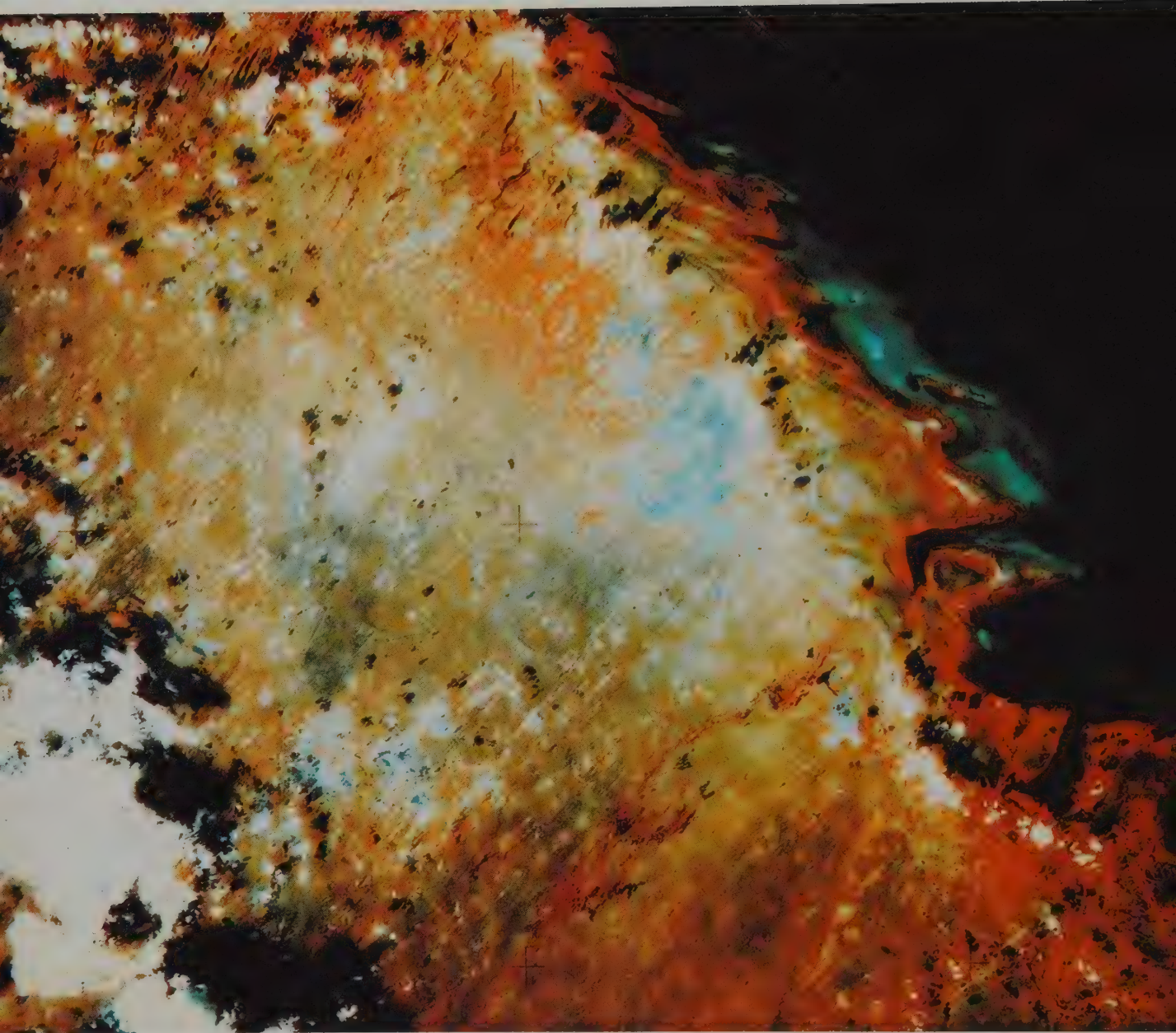
Solch eine Kartenserie mit der Einschätzung der Natur- und Ressourcenpotentiale stellt ihrem Wesen nach einen Kataster der Natur-schätze der jeweiligen Region dar.

Wie die Erfahrungen bestätigen, bringt die komplexe Kartierung mit Hilfe von Orbitalaufnahmen auf allen Ebenen territorialer Übersicht Nutzen. Weltkarten und Karten einzelner Kontinente oder Ozeane können im Maßstab von 1 : 10 000 000 bzw. in kleinerem Maßstab zusammengestellt werden. Für Landkarten von Staaten wäre eine breite Maßstabpalette zweckmäßig, und zwar von 1 : 200 000 für kleinere Staaten bis 1 : 2 500 000 für flächenmäßig große Staaten. Schließlich können für die detaillierte Planung der wirtschaftlichen Tätigkeit gedachte Kartenserien im Maßstab 1 : 10 000 bis 1 : 200 000 entworfen werden. Nach Einschätzung sowjetischer Wissenschaftler ist bei der komplexen Kartierung der Naturreichtümer der UdSSR der Maßstab 1 : 500 000 von besonderem Vorteil.

Eine Besonderheit der Kartenserie ist, daß auf jede von ihnen das Orbitalfoto projiziert werden kann. Ein guter Effekt wird auch dann erzielt, wenn das Schwarzweiß- oder das Farbfoto auf einem durchsichtigen Material abgebildet ist, daß eine darunterliegende Karte erkennen läßt.

Natürlich können die Karten neuen Typs die traditionelle thematische Kartierung nicht ersetzen. Sie sind vielmehr geeignet, die herkömmlichen Landkarten zu ergänzen, die bei der Planung großer wirtschaftlicher Vorhaben benötigt werden. Besonders nützlich sind die Karten neuen Typs bei der Prognostizierung, wie sich die Tätigkeit des Menschen auf die natürliche Landschaft auswirkt.

Dieser Umstand ist besonders wichtig, weil man in der sowjetischen Landwirtschaft nach langfristigen Programmen zur Entwicklung



territorialer Produktionskomplexe vorgeht. Im Rahmen dieser Programme befaßt man sich mit der Standortverteilung aller Industriezweige, den Entwicklungswegen der landwirtschaftlichen Produktion und der Schaffung einer weitverzweigten Infrastruktur. Die Prognostizierung aller möglichen Folgen der Einmischung des Menschen in die Natur wird besonders aktuell.

Der Analyse komplexer kartographischer Materialien einschließlich Orbitalaufnahmen kommt in diesem Zusammenhang besondere Bedeutung zu.

Zu Regionen in der Sowjetunion, deren Naturressourcen einer komplexen Kartierung bedürfen, gehören in erster Linie ausgedehnte Teile Sibiriens sowie des Fernen Ostens, ins-

Abb. 197 und 198.

Synthetisierte kosmische Farbaufnahmen der Küste des Kaspischen Meeres in der Umgebung des Wolgadeltas (links) und des Flusses Ural (rechts). Die parallele Auswertung der Interpretation dieser und ähnlicher Bilder sowie der Materialien der Luftbeobachtungen hat zur Schaffung einer Serie von Karten der Kaspischen Senke geführt, die eine komplexe Einschätzung der Naturressourcen dieses Gebietes möglich machen. Kosmische Aufnahmen sind auch bei der Zusammenstellung von Karten des Meeresbodenreliefs, der Meeresbodenablagerungen, der Unterwasservegetation und der Unterwasserlandschaften verwendet worden.



besondere im Bereich der Baikal-Amur-Magistrale. Im Zusammenhang mit dem in unserem Land in Angriff genommenen Programm der intensiven Melioration des Bodens wird ein neuer Typ von Karten für dürregefährdete Gebiete Mittelasiens und Kasachstans benötigt. Das gilt auch für entlegene Teile des hohen Nordens sowie für Hochgebirgsland.

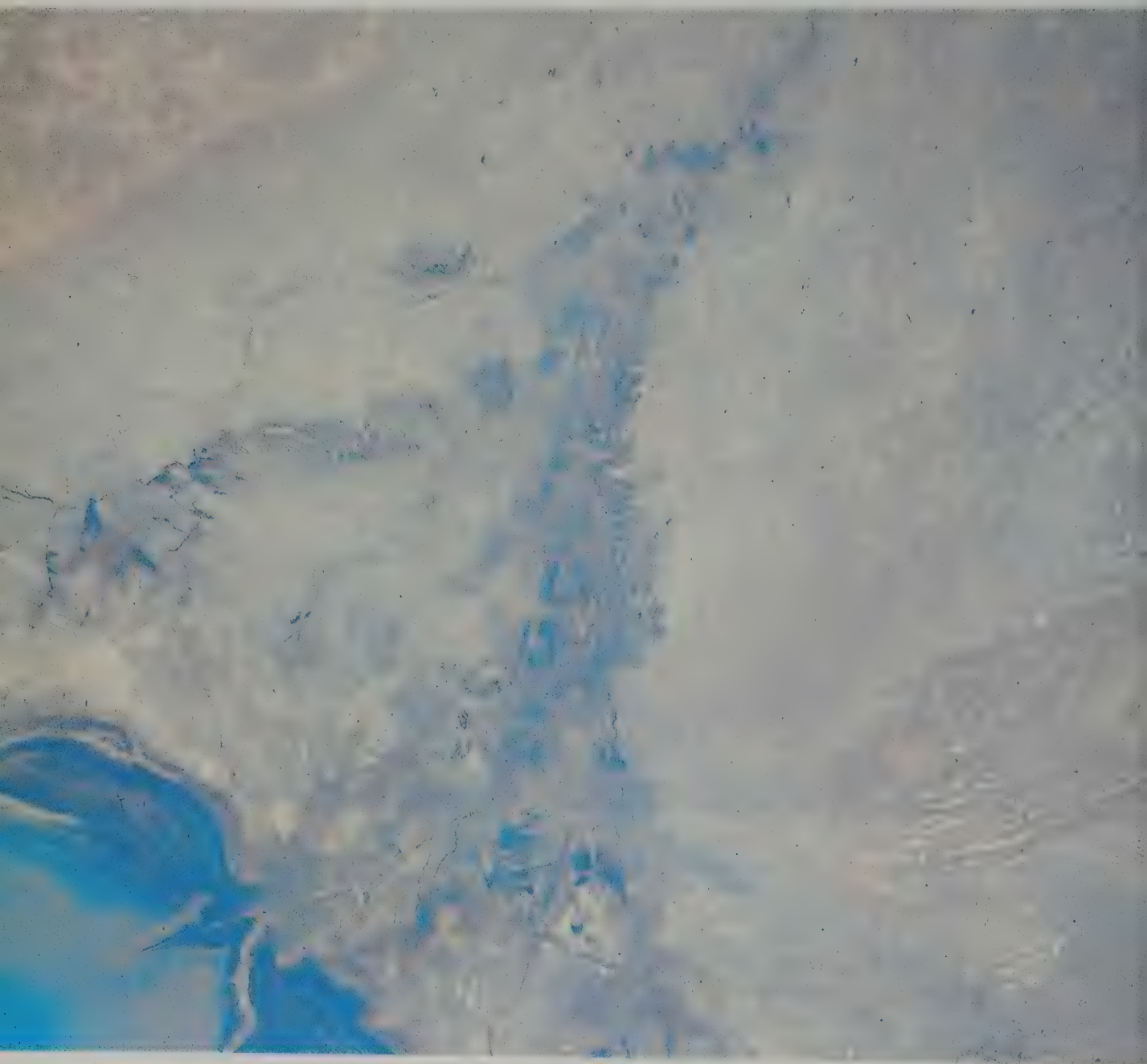
Experimente zur komplexen Kartierung der natürlichen Umwelt werden in allen klimatischen Zonen der Sowjetunion durchgeführt. Im Dürregürtel dient als Testgelände die Kaspische Senke, von der Teile auf den Abbildungen 197, 198 und 199 zu sehen sind. Die erste von ihnen stellt das synthetisierte Farbfoto des südwestlichen Teils des Wolgadeltas dar,

Abb. 199. Kosmische Aufnahme des Uraldeltas auf dem Farbumkehrfilm. Beim Vergleich dieses Fotos mit der Abb. 198 fällt die unterschiedliche

Wiedergabe der Landschaft auf. Die Aufnahmen ergänzen einander und sichern eine vollständigere Interpretation der

Landschaft. Kosmische Farbaufnahmen werden gegenwärtig für die Zusammenstellung besonderer Fotokarten verwendet, denen die

durch die üblichen Zeichen einer Karte ergänzte kosmische Abbildung des jeweiligen Gebiets zugrunde liegt.



die zweite das Uraldelta und die dritte das mit einem Farbumkehrfilm aufgenommene Uraldelta.

Unter Verwendung derartiger Orbitalaufnahmen stellten Spezialisten Kartenreihen zusammen, so daß der jetzige Zustand der landwirtschaftlichen Nutzflächen eingeschätzt werden konnte, was für großangelegte Meliorationsarbeiten und für die Vergrößerung des Viehbestandes in diesen Gegenden von Bedeutung ist. Allein in Kalmykien soll die Fläche des bewässerten Landes bis 1990 von 76 000 auf 250 000 Hektar vergrößert werden. Wohlbemerkt sind das Steppengebiete, die auf der Landkarte die Bezeichnung Schwarz-erdezone tragen.

Die entsprechende Kartenserie ermöglicht es, den Bereich der vordringlichsten Meliorationsarbeiten abzustecken und die optimale Trasse eines 300 Kilometer langen Kanals zu projektieren, der die Wolga mit dem Tschograi-Stausee verbinden soll. So wird man das jährliche Getreideaufkommen auf Salzböden auf eine Million Tonnen steigern und die Gemüseproduktion verdoppeln können. Die Kartenserie findet auch bei der Ausarbeitung von Vorschlägen zur Erhaltung der Flora und Fauna der Steppennaturschutzgebiete Anwendung. Zugleich macht sie es möglich, die Jagd auf Saigaantilopen, Füchse, Hasen, Enten, Gänse, Großtrappen und viele andere wilde Tiere und Vögel rationell zu organisieren.

Besonders aktuell wird die orbitale Bestandsaufnahme der Kaspischen Senke, weil die fruchtbare Erdschicht dort nur zentimeterstark ist und durch Überweiden oder Erosion leicht zerstört werden kann. Da die Orbitalaufnahmen Steppenabschnitte mit fortschreitender Erosion fixieren, kann man mittels entsprechender Kartenserien und regelmäßiger Orbitalkontrolle die erforderlichen agrotechnischen, Waldmeliorations- und chemischen Erosionsschutzmaßnahmen ausarbeiten.

Die geologische Analyse von Orbitalaufnahmen der Kaspischen Senke und die koordinierte Interpretation entsprechender geologischer, botanischer und anderer Karten führte zur Entdeckung neuer Erdöl- und Erdgaslagerstätten sowie unterirdischer Süßwasserseen,

was u. a. den Weg zur Intensivierung der Viehwirtschaft bahnt.

Im Pamir wurde ein anderes Experiment zur komplexen thematischen Kartierung durchgeführt. In unserem Bericht über die Gletscher fand auch das Pamirgebirge mit seinem Schnee- und Eispanzer Erwähnung. Die Wasserressourcen des Pamir sind nun zu einem Hauptobjekt bei der thematischen Kartierung geworden. Die Analyse solcher Karten sowie der tektonischen und der Reliefkarten gestattete eine Präzisierung der Empfehlungen für den Bau von Wasserkraftwerken in Tadshikistan, die auf einer besonderen Karte der Wasserkraftressourcen verzeichnet wurden. Diese Empfehlungen haben sich bei der Projektierung und Errichtung einer Kraftwerkskaskade am Wachschi, darunter des Wasserkraftwerks Bainasin (Abb. 200), bewährt.

Andere Karten aus dieser Serie haben bei der Entwicklung des Straßennetzes im Pamir geholfen, wo die Autostraßen auf Serpentinwegen bis in schwindelerregende Höhen hinaufführen. Spätere Aufnahmen sowie eine Kartenserie erlauben es, die weitere Vervollkommenung des Straßennetzes im Pamir abzustecken. Die Abbildung 201 zeigt einen Testabschnitt der Autostraße Duschanbe—Chorog, der zur Einschätzung der Muren- und Lawinengefahr sowie anderer Prozesse, die den Zustand der Gebirgsstraßen beeinflussen, regelmäßig fotografiert wurde.

Die Abbildung 202 zeigt einen außerordentlich gefährlichen Murenherd, der wie ein Damoklesschwert über der Hauptautostraße des Pamir hängt; einen kleinen See im verschneiten Firnbecken des Bergrückens und einen recht labilen Damm, durch den Wasser rieselt. Bei verstärkter Schneeschmelze kann der Damm bersten und das Geröll-Schlamm-Gemisch auf die Straße stürzen.

Führende Persönlichkeiten der Tadshikischen Republik schätzen den Teil der Pamir-Kartenserie hoch ein, der die Naturbedingungen und -ressourcen des Zentralpamir, eines besonders schwer zugänglichen Gebiets des Gebirges mit dem Saressee, veranschaulicht. Dieses Gebiet ist auf der Abbildung 203 zu sehen.

Diese Serie besteht aus 29 Karten. Drei



Abb. 200. Das im Bau befindliche Wasserkraftwerk Bainasin am Fluß Wachs in Tadshikistan. Es zählt zu der Kraftwerkskaskade,

die nach ihrer Fertigstellung mehr als 10 Mill. kWh Elektrizität liefern soll.

Abb. 201. Dieser

Gebirgspaßabschnitt der Autostraße Duschanbe–Chorog wird von Schneelawinen und Erdrutschen bedroht. Angaben kosmischer

Aufnahmen haben bei der Kartierung dieser gefährlichen Erscheinungen längs der Autostraße geholfen.



Karten – die tektonische Karte (Abb. 204), die Karte der Bodennutzung (Abb. 205) und die Karte der Heilpflanzen (Abb. 206) – vermitteln eine Vorstellung vom Charakter dieser Materialien. Auf der tektonischen Karte bezeichnet die blaßrosa Farbe einen erhöhten Erdkrustenabschnitt, der aus unzähligen Falten besteht und im Norden von einem mächtigen Tiefenbruch begrenzt ist. Die hellgelbe Farbe gibt gesenkte Erdkrustenblöcke und die türkisarfbene Schattierung die Zwischensenke Murgab an.

Auf diese Weise gelang es, die Grenzen großer Strukturelemente zu verfolgen, mit deren

Lage die intensive seismische Tätigkeit im Raum des Saressees zusammenhängt. Als unerläßliche Ergänzung dazu dient die Information über regionale Brüche, die als mittelstarke rote Linien zu erkennen sind, sowie über die horizontale Verschiebung zweier Erdkrustenblöcke. Diese Verschiebung erscheint als starke rote Linie, die von Pfeilen aus verschiedener Richtung wie umrahmt ist.

Die Bodennutzungskarte kennzeichnet mit grüner Farbe Bergwiesen, die sich für die Nomadentierzucht eignen, und mit gelber Farbe Jagdreviere. Das übrige Territorium ist für die wirtschaftliche Nutzung ungeeignet. Das sind

Abb. 202. Der kleine
schöne Moränensee, der
mehr als 4000 m hoch
über der Siedlung
Ruschan liegt, birgt einen
Murenherd in sich, der

die Autostraße
Duschanbe-Chorog
gefährdet. Das Wasser
dieses Sees wird von
einem schmalen Damm
aufgehalten, der aber die

Gefahr nicht bannen
kann, wenn das Seebecken
bei einer intensiven
Schneeschnmelze überläuft
und Schlammströme zu
Tal stürzen. Dieser

Murenherd ist nun unter
kosmische Kontrolle
genommen worden. Der
See über der Siedlung
Ruschan wird auch von
einem Hubschrauber



beobachtet und
fotografiert.

Abb. 203. Der Saressee im
Zentralen Pamir ist 1911
infolge des Abbruchs eines

Teils des Muskolgebirges
gebildet worden. Der dabei
entstandene Ussoi-Damm
staut etwa 15 km^3 Wasser.
Ein Projekt zur Regelung
des Abflusses durch den

Damm des Saressees sieht
den Bau eines Tunnels
und einer Autostraße vor.
Dazu wird eine aus
kosmischen Aufnahmen
zusammengestellte Serie

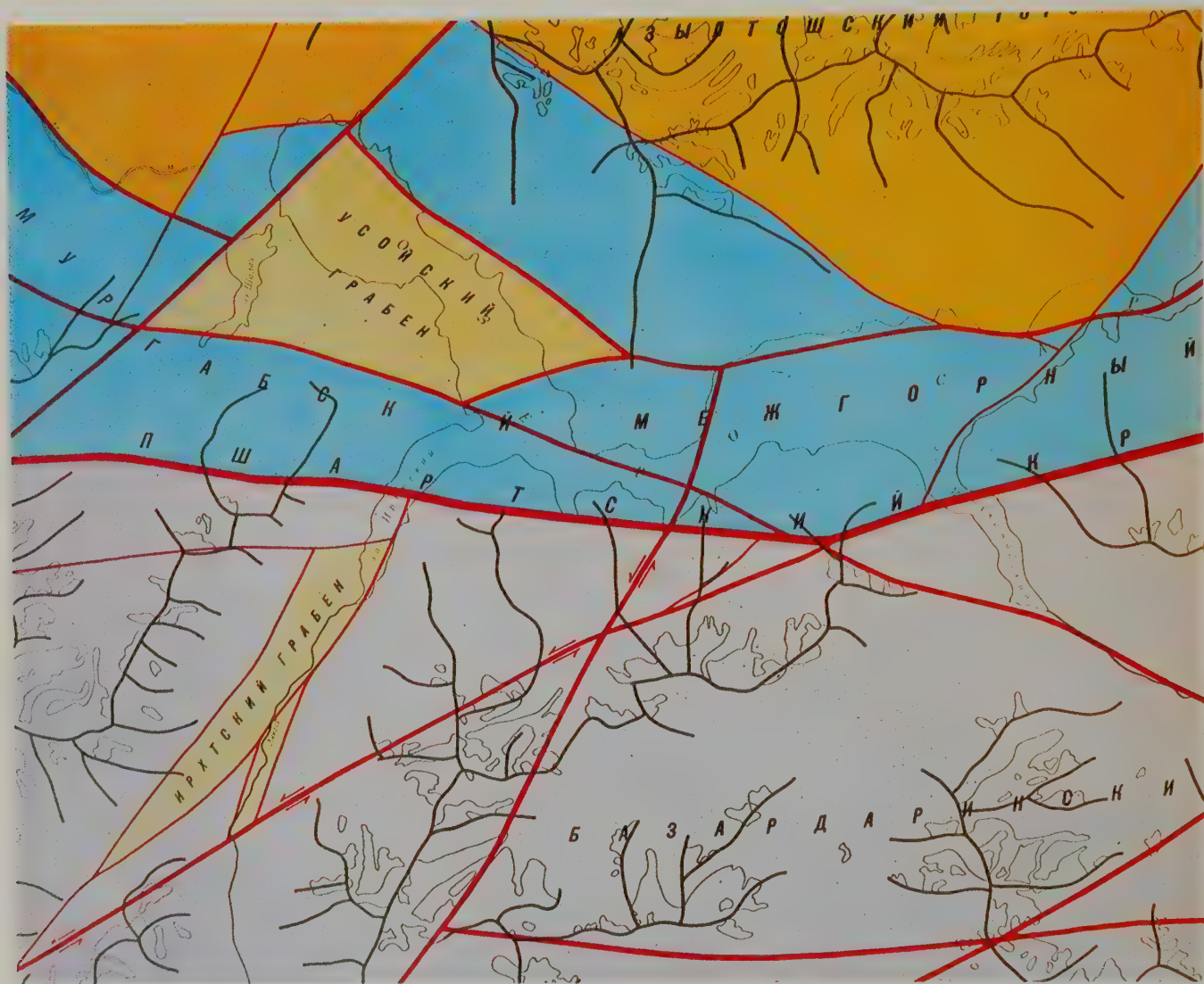
von Karten beitragen, die
eine komplexe
Einschätzung dieser
Region gestattet.



Wüstenabschnitte mit steilen Berghängen (rosa), Felsen (grau) und Gletscher (türkisfarben). Die Abbildung 207 läßt erkennen, wie sich einzelne Gegenden im Zentralpamir wirtschaftlich nutzen lassen. Auf dem Foto sind zwei Gebirgsortschaften

Abb. 204. Eine tektonische Karte aus der Serie „Naturbedingungen und Naturressourcen des Zentralen Pamir“, zusammengestellt im

Staatlichen Zentrum „Priroda“ im Jahre 1982. Die Karte zeigt Hebungen von Erdkrustenschollen und intramontane Depressionen, Tiefen- und



ten, zwischen denen ein Höhenunterschied von 400 Meter besteht. Die den Bergen abgerundeten Felder und Obstgärten sind typisch für die Landschaften im Pamir, Hindukusch, Karakorum und in anderen Hochgebirgen Asiens.

Die Heilpflanzenkarte gehört zu den kartographischen Hilfsmaterialien, die zusätzliche

Ressourcen des Hochlandgebiets erkennen lassen. Die Karte gibt Auskunft über die Verbreitung der wichtigsten Heilgräser, die in der industriellen Arzneimittelproduktion Verwendung finden. Grün heben sich auf dieser Karte Flächen ab, auf denen Sanddorn und Hagebutten, die wichtigsten Heilpflanzen des Pamir, gedeihen.

Regionalbrüche, Bruchstörungen und Verschiebungen. Der Karte liegen kosmische Aufnahmen des Zentralen Pamir zugrunde.

Abb. 205. Eine Karte aus derselben Serie veranschaulicht die wirtschaftliche Bodennutzung in der Umgebung des Saressees.

Sie zeigt Weiden, Jagdreviere, Gegenden mit beschränkter wirtschaftlicher Nutzung, zur wirtschaftlichen Nutzung ungeeignete

Böden sowie Felsmassive und Gletscher.



Die Bestandsaufnahme von Gräsern und Sträuchern, die als Rohstoff für die medizinische Industrie dienen, ist erst dank kosmischer Spektral- und Multispektralaufnahmen möglich geworden. Derartige Abbildungen und die Gesamtkarte des betreffenden Gebiets konnten dank der regelmäßigen Inspizierung von

Testwiesen durch Wissenschaftler interpretiert werden. Die Abbildung 208 zeigt die Kontrolle einer Testwiese.

Die bei der komplexen Kartierung des Zentralpamir gesammelten Erfahrungen wurden bei ähnlichen Untersuchungen in Kirgisien, Usbekistan und einigen Gebirgsgegenden

Abb. 206. Karte der Heilpflanzen in der Umgebung des Saressees aus derselben Serie. Aufgrund der Bildinterpretation

kosmischer Aufnahmen wurden die wichtigsten Verbreitungsgebiete von Pflanzen ermittelt, die in der pharmazeutischen und der Nahrungsmittelindustrie

Verwendung finden.

Abb. 207. Die wirtschaftliche Nutzung der Böden im Zentralen Pamir beschränkt sich

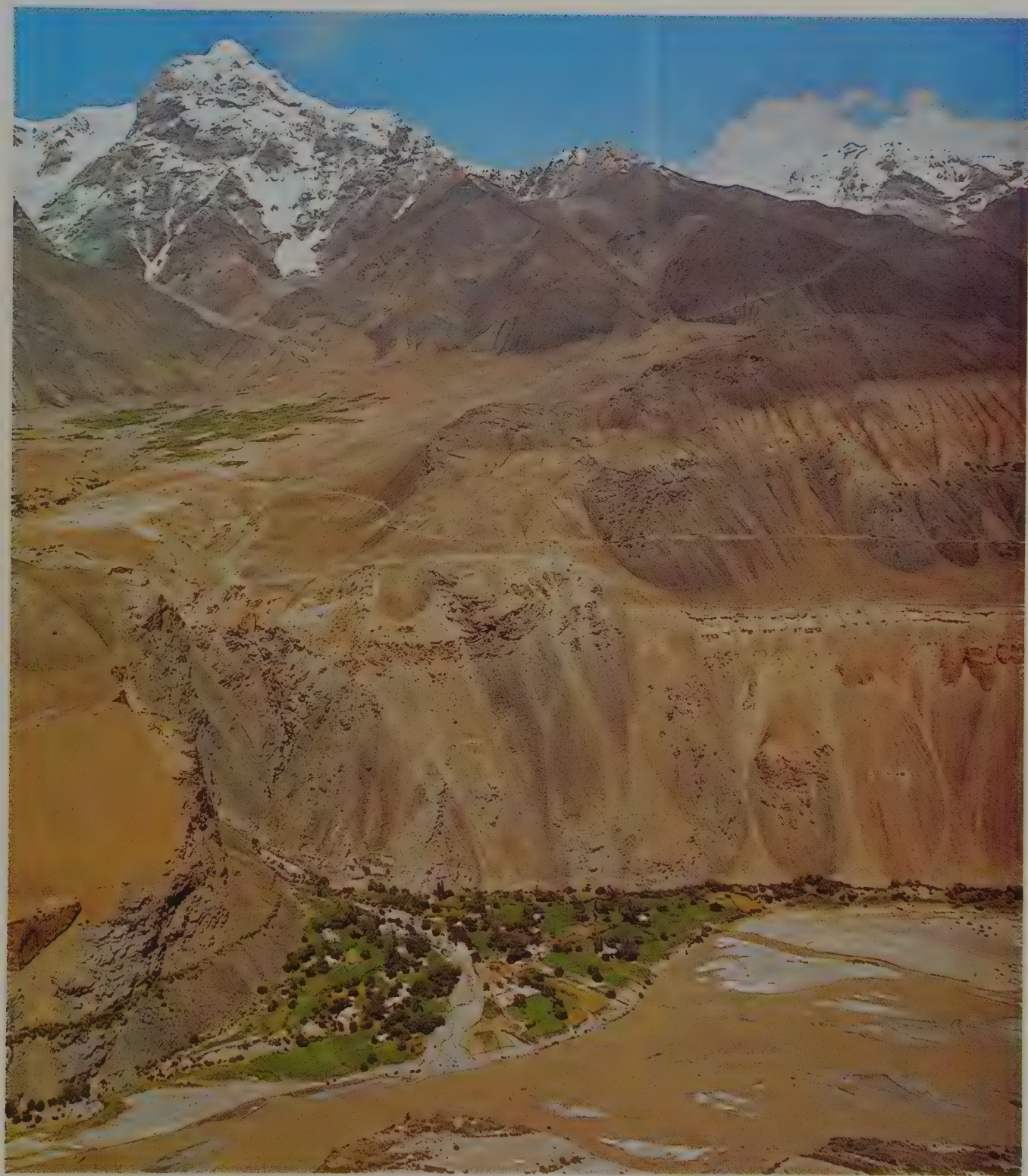
heute auf kleine, relativ ebene Abschnitte an den Hängen, wo es Erdreich gibt und eine Bewässerung möglich ist.



Sibiriens ausgewertet. Eines der ersten untersuchten Gebiete umfaßte das Becken des Issyk-Kul-Sees und die umliegenden Berge.

Auf der Grundlage des jahrelangen Studiums komplizierter hydrophysikalischer und hydrobiologischer Besonderheiten des Issyk-Kul-Sees entstehen hydrologische Karten seines

Gewässers und seiner Buchten (Abb. 209). Die hydrologischen Karten und die geomorphologische Analyse von Prozessen der Akkumulation von Zerstörungsprodukten der Berghänge ermöglichen es, die Füllung des See mit festen Stoffen in Form von Bergflußanschwemmungen (Abb. 210) und die flächenhafte Abspülung des





Grundes vom Fuß der umliegenden Berge qualitativ und quantitativ zu bewerten.

Das Studium des Issyk-Kul-Beckens gehört zu den erstrangigen Aufgaben der Untersuchung des Tienschan. Dieses Studium erfolgt durch die Orbitalkartierung längst bekannter geologischer Strukturen (Abb. 211) und mittels Orbitalaufnahmen neuentdeckter Lineamente. Besonders sorgfältig werden Gebiete untersucht, in denen Bodenschätze gewonnen werden, weil die äußeren Merkmale der geologischen Struktur dieser Gegenden als wichtige Hinweise für die Erkundung neuer Erzgebilde im gesamten

Tienschan-Raum und außerhalb seiner Grenzen dienen.

Der Beschluß über die Zuführung eines Teils der Wassermassen der Bergflüsse von jenseits des Terskej-Alatau in den Issyk-Kul-See setzte eine komplexe Einschätzung der Folgen der anthropogenen Einwirkung auf die Natur der Region voraus. Zu diesem Zweck untersuchen Spezialisten verschiedener Fachrichtungen gemeinsam an mehreren Testabschnitten der Berglandschaft deren geologisch-geographische Besonderheiten. Einer dieser Testabschnitte befindet sich im Flußtal Tschonkysylsu in der

Abb. 208. Unter den Bedingungen der Hochgebirgswüste ist die Vegetationsdecke in der Umgebung des Saressees recht spärlich. Auf der Suche nach Verbreitungsgebieten der Heilpflanzen bedient man sich kosmischer Aufnahmen sowie visueller Luftbeobachtungen von Bord eines Hubschraubers. Auf dem Bild: Kontrollflug über einem Verbreitungsgebiet der Heilpflanzen in der Umgebung des Saressees



Abb. 209. Eine Bucht des Issyk-Kul-Sees

Nähe der physikalisch-geographischen Station Tienschan der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Bei den Untersuchungen werden dort Hubschrauber und Apparaturen für Kontakt- und Fernmessungen eingesetzt (Abb. 212).

Es liegt auf der Hand, daß ein derart großangelegtes Projekt der wirtschaftlichen Umgestaltung eines ausgedehnten Territoriums den Bau neuer Straßen sowie den Ausbau und die Verbesserung der bereits bestehenden Verbindungswege voraussetzt. Es ist durchaus verständlich, daß bestimmte Karten der künftigen Serie bei der Projektierung des

Straßennetzes in den Bergen nahe des Issyk-Kul-Sees (Abb. 213) helfen werden.

Die Umleitung eines Teils des Sarydshas-Wassers in den Issyk-Kul wird die landwirtschaftliche Produktion in dieser Region günstig beeinflussen. Der größere Teil der Kartenserie trägt deshalb zur Prognostizierung künftiger Ernten und zur Festlegung von Maßnahmen zur Verbesserung der bestehenden Struktur des Ackerbaus (Abb. 214) bei.

Ungeachtet der beachtlichen Dimensionen der geplanten anthropogenen Einmischung in die Natur wird eine ausgedehnte Fläche längs

Abb. 210. Die Schwebestoffführung eines Bergflusses, der in den Issyk-Kul-See mündet. Dieses, wie auch das letzte Foto, zeigt

das Gebiet, für das Hydrologen Karten des Sees mit Hilfe kosmischer Aufnahmen zusammenstellen.

Abb. 211. Teil der geologischen Struktur am Ufer des Issyk-Kul-Sees, die man aus dem Weltraum über viele Kilometer in Form

unregelmäßiger Austritte von Gestein erkennen kann.



des Sees als Reservat unberührt bleiben. Mehrere Karten der genannten Serie sichern die Ermittlung von Gegenden für Naturschutzgebiete wie auch die Reservierung gewisser Gegenden für Kurorte. Die Abbildung 215 zeigt einen Testabschnitt, der als Kurortgegend am südöstlichen Ufer des Sees in der Nähe des Sanatoriums „Goluboi Issyk-Kul“ ausgewählt wurde. Zum Testabschnitt gehören ein Park, ein

Badestrand, wildwachsende Vegetation, Flußarme und eine Bucht des Issyk-Kul-Sees.

Die komplexe Kartierung der natürlichen Umwelt mit Hilfe von Weltraumtechnik wurde auch von den Spezialisten, die ein Netz von Nationalparks der UdSSR projektieren, begrüßt. Einer dieser Parks soll im Raum des zweigipfiligen Elbrus im Kaukasus (Abb. 216) entstehen. Die Experimente mit orbitalen Synchronauf-



nahmen des Elbrusraums und seiner Boden-Luft-Untersuchung sollen mit der Schaffung einer thematischen Kartenserie gekrönt werden. Die wichtigsten Karten dieser Serie werden die Besonderheiten des Reliefs des Kaukasus (Abb. 217), der Vereisung und des Flußnetzes (Abb. 218), der Wälder (Abb. 219) und der Bergwiesen (Abb. 220) widerspiegeln.

Man könnte noch mehr Beispiele ähnlicher

Kartenserien anführen, weil sich wohl in keinem anderen Land der Welt so große Möglichkeiten für den Einsatz der Raumfahrttechnik zur Bestandsaufnahme der Naturressourcen und zum Umweltschutz bieten. Wohlgemerkt bezieht sich das auch auf die längst erschlossenen Teile der Sowjetunion mit hoher Bevölkerungsdichte.

Die Idee der komplexen Bestandsaufnahme der Naturressourcen eines ganzen Staates auf

Abb. 212. Ein Testgelände der Naturerkundung aus dem Weltraum im Tal des Flusses Tschonkysylsu südlich des Issyk-Kul-Sees. Hier befindet sich die

physikalisch-geographische Station Tienschan.

Abb. 213. Eine für den Tienschan typische Autostraße, die an steil

emporragenden Felsen und Schutthalden vorbeiführt. Ihre normale Benutzung ist nur bei der Kartierung und regelmäßigen Kontrolle

aller möglichen Einsturzstellen möglich. Eine solche Karte ist nach Angaben kosmischer Aufnahmen zusammengestellt worden.



der Grundlage von Orbitalaufnahmen fand Verwirklichung in großangelegten Untersuchungen auf dem Territorium der Mongolischen Volksrepublik, die gemeinsam von mongolischen und sowjetischen Spezialisten durchgeführt wurden. Eine Kartenserie im Maßstab 1:1 000 000 umfaßt das gesamte 1 560 000 km² große und im Zentrum Asiens liegende Territorium der Mongolei. Jede Karte besteht aus 13 Standardblättern.

Die Naturbedingungen der Mongolei sind recht vielfältig. Der überwiegende Teil der Republik besteht aus Wüsten, Halbwüsten,

Bergen und Trockensteppen mit komplizierten Arbeits- und Lebensbedingungen. Zugleich entwickeln sich die Industrie und Landwirtschaft der Mongolei in beschleunigtem Tempo, was eine operative Planung und Prognostizierung der anthropogenen Einwirkung auf die Umwelt voraussetzt. Zu diesem Zweck ist eine Serie thematischer Karten zusammengestellt worden.

Die satellitennutzende Vermessung des Territoriums der Mongolei dauerte zehn Jahre. Die Untersuchungen unter Auswertung von Orbitalinformationen wurden im Jahre 1981 abgeschlossen. Die entstandene Serie thema-

Abb. 214. Eine der wichtigsten Karten der Serie, die die Naturbedingungen des Issyk-Kul-Beckens komplex veranschaulicht,

ist die Karte der wirtschaftlichen Bodennutzung. Die jahrelange Arbeit an ihrer Zusammenstellung erforderte koordinierte

Untersuchungen von Spezialisten verschiedener Wissensbereiche. An diesem Versuchsfeld wurden jahrelang ununterbrochen die

Besonderheiten der Wiedergabe von Kulturpflanzen auf kosmischen Farb- und Schwarzweißaufnahmen untersucht.





tischer Karten beinhaltet sieben Karten für die wichtigsten Richtungen der Nutzung der Natur. Drei von ihnen werden nachstehend als Beispiele in Form von Kartenteilen für das Blatt L-47 angeführt.

Die geologische Strukturkarte (Abb. 221) verallgemeinert alle geologischen Informationen, die in der Mongolei in den 80er Jahren gesammelt worden sind. Sie zeigt die Hauptstrukturelemente des Territoriums der MVR: Riftzonen, Brüche, Ringstrukturen, Faltenstrukturen, lockere Ablagerungen, Grenzen zwischen größeren geologischen Komplexen, die

wichtigsten Strukturstufen unterschiedlichen Alters, magmatische Bildungen und viele andere geologische Besonderheiten. Anhand der Karten werden die wichtigsten Gesetzmäßigkeiten der Standortverteilung mineralischer Ressourcen auf dem Territorium der MVR festgestellt.

Als Spezialisten die geologische Strukturkarte der Mongolei zusammenstellten, erkannten sie erst richtig viele Vorzüge der Orbitalaufnahmen von Strukturdarstellungen des ausgedehnten und schwerzugänglichen Territoriums dieses Landes. Die Analyse der dabei gewonnenen Orbitalaufnahmen dauerte

Abb. 215. Die Umgebung des Sanatoriums „Goluboi Issyk-Kul“ diente als ein Testabschnitt bei der Untersuchung unter Verwendung kosmischer

Beobachtungen von Gegenden, die sich für den Erholungsaufenthalt eignen.

Abb. 216. Der gigantische erloschene Vulkan Elbrus,

der sich über dem Großen Kaukasus erhebt, ist ein Orientierungspunkt für Kosmonauten, die visuelle Beobachtungen im Rahmen von

Experimentalarbeiten bei der komplexen Kartierung der Region Stawropol und der Autonomen Republik der Kabardiner und Balkaren durchführen.



viele Jahre und verlief in mehreren Etappen. In jeder Etappe wurden Orbitalaufnahmen ausgewertet, früher gesammelte geologische Informationen analysiert, Testabschnitte erkundet, Angaben der Auswertung präzisiert und Meinungen vieler Spezialisten verallgemeinert. In jeder nachfolgenden Arbeitsetappe präzisierte man den Inhalt der Karten.

Bei der Zusammenstellung dieser Karte sowie weiterer sechs Karten aus der Serie „Naturressourcen der MVR“ spielte die technische Unterstützung sowjetischer Spezialisten eine wichtige Rolle. Bei den Untersuchungen

bediente man sich vieler Methoden, die für die Zusammenstellung ähnlicher Karten verschiedener an die MVR grenzender Gebiete der Sowjetunion ausgearbeitet worden waren. Bei der Arbeit an der geologischen Strukturkarte der nordwestlichen Gebiete der Mongolei führten sowjetische Geologen beispielsweise Untersuchungen im Altai durch, dessen Naturbedingungen denen der benachbarten Mongolei recht ähnlich sind. Die Abbildung 222 demonstriert eine geologische Struktur am Oberlauf der Katun, von dem diese Struktur tief in den Mongolischen Altai hineinreicht. Wissenschaft-

ler haben festgestellt, daß sich die Besonderheiten dieser Struktur dem Forscher auf unterschiedlichen Orbitalaufnahmen auf verschiedene Weise präsentieren.

Die auf der Grundlage der Auswertung von

Abb. 217. Ein Hängetal im Kaukasus

Flusses Gondarai am Nordhang des Elbrus

Abb. 218. Ein Versuchsabschnitt der Hydrologen im Tal des







Orbitalaufnahmen zusammengestellte geologische Strukturkarte ist in der praktischen Tätigkeit mongolischer Spezialisten erprobt worden und wird bei der tektonischen Gliederung des Territoriums der Republik, beim Stu-

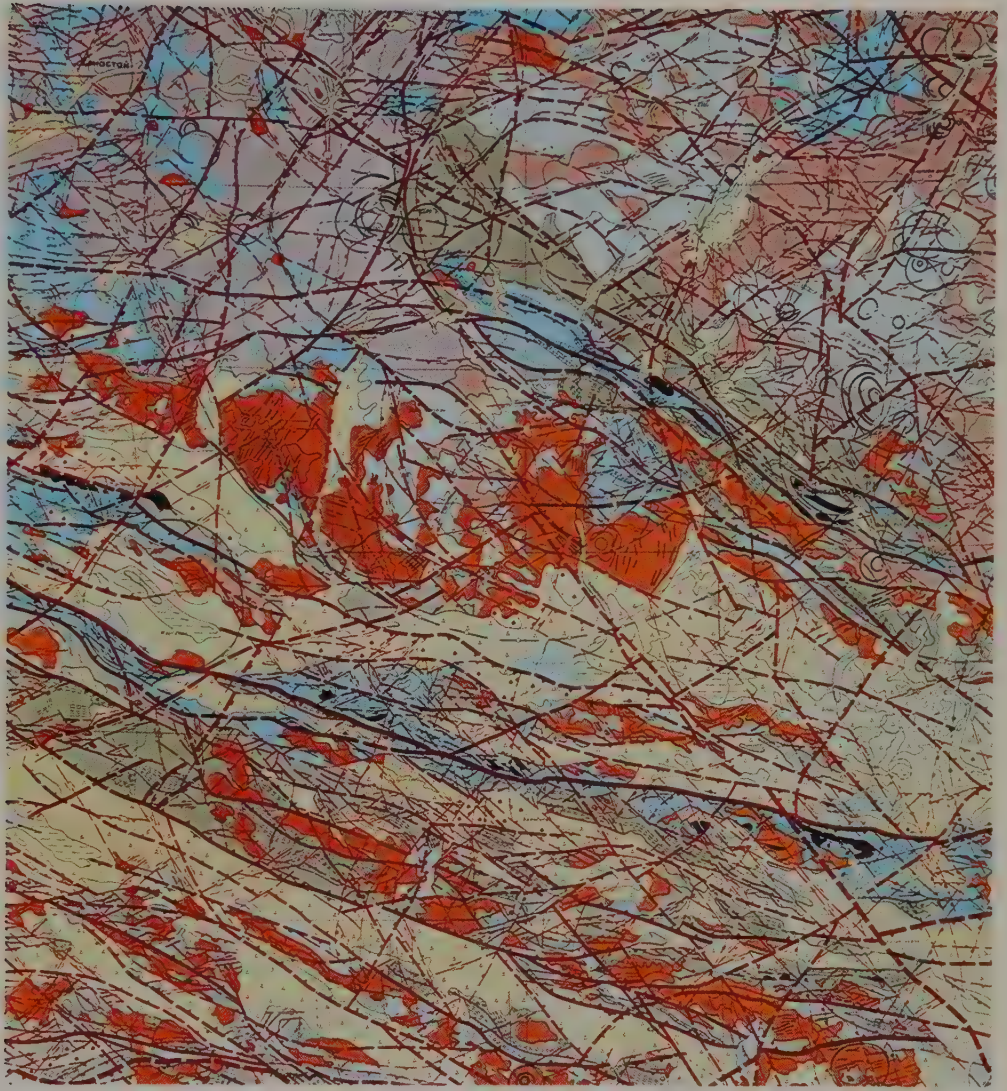
dium der Geschichte der Entstehung von Bruchstrukturen, bei der Bestimmung der Metallogenie verschiedener Teile der Mongolei, bei der Suche nach wichtigen erzführenden Gebieten sowie in vielen anderen Forschungsbereichen benutzt.

Die Bodenfondskarte (Abb. 223) vermittelt eine Vorstellung von der Bodennutzung in der MVR. Wie die vorangegangene Karte ist sie auf der Grundlage der Auswertung von Orbitalaufnahmen zusammengestellt worden, sie berücksichtigt und verallgemeinert aber auch Informationen über den Zustand des Kulturlandes, die auf traditionellen Karten, in wissenschaftlichen Abhandlungen und statistischen Materialien enthalten sind. Wohl-gemerkt lagen keine derartigen Informationen über einige Gebiete der Republik während der Zusammenstellung der Karte. Bei den kartographischen Untersuchungen präzisierten

Abb. 219. Wälder an den Nordhängen des Großen Kaukasus

Abb. 220 (unten).
Bergwiesen im Kaukasus

Abb. 221. Geologische Karte eines zentral gelegenen Gebiets der Mongolischen Volksrepublik, zusammengestellt von sowjetischen und mongolischen Spezialisten nach Angaben kosmischer Aufnahmen.



die Spezialisten außerdem viele Dokumente, die üblicherweise bei der Bodenbestandsaufnahme verwendet werden.

Die Arbeit an der Karte veranschaulichte einen wichtigen Vorzug der Orbitalaufnahmen: die Möglichkeit der Gewinnung gleichzeitiger Informationen über ausgedehnte Gebiete und das Studium der Dynamik von Naturobjekten mit vorgegebener Regelmäßigkeit. Es liegt auf der Hand, daß es unmöglich ist, regelmäßige Informationen über den Zustand der landwirtschaftlichen Nutzflächen der MVR auf andere Weise zu gewinnen.

Die Auswertung der Orbitalaufnahmen hat ergeben, daß besonders einfach Landstriche zu erkennen sind, die wirtschaftlich nicht genutzt werden: Felsen, Sandbarchane, Salzböden usw. Auf keine Schwierigkeiten stieß man praktisch bei der Auswertung der Aufnahmen von Städten und sonstigen Ortschaften, Meliorationssystemen, Ackerfeldern, größeren Komponenten des Erosionsnetzes und Wäldern. Viel schwieriger läßt sich die Artenzusammensetzung von Pflanzen, die Qualität von Acker- und Weideland sowie der Grad der Versalzung von Seen bestimmen.



Auf der Bodenfondskarte ist das gesamte Territorium der MVR in Bodennutzungskategorien gegliedert. Alle landwirtschaftlichen Nutzflächen teilen sich auf der Karte in Flurformen (Weiden, Ackerland, Reisfelder usw.) und lassen Straßen, Gletscher, Flüsse und andere Landschaftskomponenten erkennen, die mit der landwirtschaftlichen Produktion zusammenhängen. Die Autoren der Karten konnten auch den Erosionsgrad der landwirtschaftlichen Nutzflächen aufzeigen. Angesichts der überwiegenden Bedeutung der Viehzucht in der Landwirtschaft der Mongolei wurde einer ausführlichen

Einschätzung des Zustandes der Weideplätze und Viehwege viel Aufmerksamkeit geschenkt.

Mongolische Spezialisten bedienen sich der Bodenfondskarte bereits seit mehreren Jahren. Sie hat sich bei der Planung der mongolischen Volkswirtschaft als eine zuverlässige Informationsquelle bewährt. Die rationelle Bodennutzung in der MVR hängt in mancher Hinsicht von der regelmäßigen Präzisierung dieser Karte mit Hilfe von Orbitalaufnahmen und traditionellen Methoden zur Untersuchung des Territoriums des Landes ab.

Die Bodenkarte beurteilt ebenfalls den Grad

Abb. 222. Eine geologische Großstruktur des Altai, die über die Staatsgrenze zwischen der Sowjetunion und der Mongolei hinweg Hunderte Kilometer tief in das Territorium der beiden Länder reicht. Die gemeinsame Untersuchung dieser Struktur ermöglichte es, verschiedene, in jedem der beiden Länder übliche Methoden anzuwenden, was den wissenschaftlichen Nutzeffekt der Kartierung der Mongolischen VR mit Hilfe kosmischer Aufnahmen erhöhte.



Abb. 223. Karte des Bodenbestandes eines zentral gelegenen Gebiets der Mongolischen Volksrepublik aus derselben Serie von Karten, deren Muster auf der Abb. 221 zu sehen ist.

der landwirtschaftlichen Nutzung des Landes. Diese Karte hat einen engeren Inhalt als die obengenannte. Sie illustriert eingehend die Bodenressourcen der MVR und dient zur Beurteilung der Bodenqualität und zur Prognostizierung ihrer Nutzung in der Landwirtschaft. Die Abbildung 224 stellt ein Blatt dieser Karte dar.

Die Autoren der Karte erkannten, daß die Identifizierung der Böden im Steppen- und Wüstengürtel der Republik besonders schwierig ist. Allerdings konnten dort zahlreiche alte Flußbette entdeckt werden, die als Reserve für

den Ackerbau dienen können. Im Wald- und Waldsteppengürtel gelang es, dank Untersuchungen an Testabschnitten Gegenden zu ermitteln, in denen Wald- und Steppenböden, darunter besonders fruchtbare, überwiegen. Etwas einfacher war die Untersuchung der Böden nach der in den Gebirgstteilen der Mongolei verbreiteten vertikalen Zonalität, wo die besondere Aufmerksamkeit der Auswertung von Flußtälern samt den Flußdeltas, Überschwemmungsgebieten und Terrassen galt, weil die Bergflußtäler eine große Reserve für die Bodenerschließung darstellen. Die Abbildung



Abb. 224. Eine weitere Karte derselben Serie mit Informationen über die Böden des zu untersuchenden Gebiets

Abb. 225. Ein Testabschnitt der Bodenkundler im Altai, wo gleichzeitige Beobachtungen und das Spektrometrieren unter Einsatz von Geräten erfolgen, die an Bord von Satelliten, Flugzeugen und Hubschraubern sowie auf einem Kontrollturm über dem Feld installiert sind.

225 illustriert ein solches Testgelände, dessen Böden erst vor wenigen Jahren der landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt worden sind.

Da der Maßstab der Karten relativ klein ist, sind auf ihnen nur die dominierenden Bodenarten – insgesamt 50 an der Zahl – aufgezeichnet. Allerdings bilden sie 222 Bodenzusammensetzungen. Die Karte informiert über den Charakter der Bodenverteilung auf dem Territorium der Mongolei und weist auf Wege ihrer möglichen rationellen Nutzung hin. In den nächsten Jahren soll sie zusammen mit der vorangegangenen Karte als Grundlage für

die Herausgabe eines Bodenkatasters der MVR dienen.

Die vierte Karte der Serie illustriert die Verbreitung von Futterressourcen in der MVR und wird zusammen mit den beiden soeben erwähnten Karten verwendet.

Die Waldfondskarte zeigt die Verteilung der Wälder und deren Zusammensetzung (Lärche, Zirbelkiefer, Kiefer, Birke, Fichte, Saksaul, Edeltanne, Espe, Weide und Sträucher), wobei die Reihenfolge bei der Aufzählung der Baumarten ihrer anteilmäßigen Verbreitung in den Wäldern der Mongolei entspricht. In der



MVR überwiegen also Laubholzwälder. An zweiter Stelle stehen Zirbelkiefernhaie. Zusammengenommen machen diese Baumarten über 86 Prozent des Waldbestandes der Republik aus.

Die Karte zeigt, daß sich der überwiegende Teil der Wälder in Gebirgsgegenden an der Grenze zur UdSSR befindet. Sie enthält auch Informationen über das Alter der Wälder. Daraus folgt, daß die Mongolei über bedeutende Möglichkeiten zur industriellen Nutzung von Wäldern verfügt. Dank dieser Karte kann man den Baumeinschlag unter Berücksichtigung des

wachsenden Grades der Verarbeitung von Holz einschließlich der Äste und Baumstümpfe prognostizieren oder planen.

Die Waldfondskarte gibt auch den sanitäten Zustand der Wälder, das eventuelle Vorhandensein von Dürholz, Waldbrandstellen und Krankheitsherden, die Grenzen der Jagdreviere, Forstbetriebe und Naturschutzgebiete an. Die Waldfondskarte dient zusammen mit der Bodenfonds-, der Boden- und der Futterressourcenkarte der Aufforstung, der Steigerung des Nutzeffekts der forstwirtschaftlichen Produktion, der Lösung von Naturschutz-

aufgaben und der Abgrenzung von Kurortzonen.

Die wichtigsten Waldmassive der Mongolei sind gewissermaßen eine Fortsetzung der Wälder Sibiriens. Aus diesem Grund verliefen

Abb. 226. Meteorologische Beobachtungen werden in der Hochgebirgsstation „Akkem“ im Altai am Fuße des Bergs Belucha durchgeführt.

Abb. 227. Ein Kontrollabschnitt des Flusses Akkem, wo die Durchflußmenge gemessen wird. Die gemeinsamen Untersuchungen der Meteorologen und Hydrologen werden bei der Analyse kosmischer Aufnahmen vom sowjetischen und vom mongolischen Altai berücksichtigt.



die Untersuchungen der mongolischen Forstwissenschaftler in enger Zusammenarbeit mit ihren sowjetischen Kollegen. Dabei konnten in der UdSSR erarbeitete Methodiken zur Bestandsaufnahme des Waldfonds angewandt und die Zusammenstellung der Karte wesentlich beschleunigt werden. Derartige Untersuchungen bedeuteten ihrerseits einen neuen Impuls für Experimente an den benachbarten Testabschnitten sowjetischer Forstwirte.

Die sechste Karte der Serie informiert über den jahrelangen Durchschnittsabfluß des Oberflächen- und des Grundwassers. Sie ist vor

allem für die Planung von Meliorationsarbeiten, für die rationelle Nutzung und den Schutz der Wasserressourcen bestimmt. Die Karte zeigt jahresdurchschnittliche Niederschlagsmengen nach den Angaben von 280 meteorologischen Stationen, hydrologischen Meßstellen und Abflußquerschnitten auf dem Territorium der MVR und der benachbarten Gebiete der UdSSR (Abb. 226). Da der Abfluß der Hauptströme der Mongolei in Abhängigkeit von dem der Flüsse des benachbarten sowjetischen Territoriums (Selinga, Katun, Schilka u.a.) schwankt, kamen



Angaben über die Wasserführung der Ströme Südsibiriens, beispielsweise des Flusses Akkem im Altai (Abb. 227), zur Anwendung.

Die Zusammenstellung einer solchen Karte wäre allein auf der Grundlage von Orbitalaufnahmen kaum möglich gewesen. Aus diesem Grunde wurden die traditionellen Informationen der Hydrologen ausgewertet. Die geologische Strukturkarte dieser zusammengesetzten Serie fand ebenfalls bei der Zusammenstellung der Abflußkarte Anwendung.

Die siebente und letzte Karte der Serie gibt Aufschluß über die landschaftliche Gliederung

des Territoriums der MVR, auf der vier Naturländer, 14 Naturprovinzen, 34 Natursubprovinzen, 354 Landschaftsdistrikte und 92 Landschaftssubdistrikte zu sehen sind. Der wissenschaftliche und praktische Wert dieser Karte besteht darin, daß Maßnahmen zum Naturschutz und zur rationellen Nutzung der Naturressourcen ausgearbeitet werden können. Diese Karte wird auch beim Studium der Dynamik der anthropogenen Landschaft benutzt.

UMWELTSCHUTZ, AUS DEM KOSMOS GELENKT

Die heutige Zivilisation übt einen zunehmenden Einfluß auf die natürliche Umwelt unseres Planeten aus. Alle Hüllen der Erde – Atmosphäre, Lithosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre – leiden unter der wirtschaftlichen Tätigkeit des Menschen. Im Ergebnis kommt es in der Natur mitunter zu unumkehrbaren Prozessen. Darüber wurde bereits in diesem Buch berichtet, darüber schreiben und diskutieren viele Wissenschaftler, Politiker und Journalisten. Es sei lediglich daran erinnert, daß die Atmosphäre und Hydrosphäre jährlich durch Milliarden Tonnen Schadstoffe verschmutzt werden. Zunehmend wird das ökologische Gleichgewicht in der Natur, das sich im Laufe von Millionen Jahren herausgebildet hat, gestört. Die Tätigkeit des Menschen erscheint heute als ein Faktor von geologischer Größenordnung. Die Schatzkammern der Erde leeren sich. Immer akuter wird der Mangel an mineralischen Brennstoffen und an Trinkwasser. Viele Großstädte der Welt liegen unter einer Smoglocke. In Tokio, Los Angeles und London kommen Todesfälle von Stadtern infolge Luftvergiftung vor, während Verkehrspolizisten an Straßenkreuzungen zuweilen Gasmasken tragen müssen. Die Rauchfahnen aus Fabrikschlotten verunreinigen die Luft über ausgedehnten Territorien, des öfteren auch in benachbarten Staaten. Die Luft wird auch bei der agrochemischen Bearbeitung der Böden mit Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, insbesondere wenn diese aus Flugzeugen verstreut werden, verschmutzt.

Bedeutende Mengen von Staubpartikeln gelangen bei nuklearen Testexplosionen in die Stratosphäre, wobei der radioaktive Staub dort jahrelang erhalten bleibt.

Gewaltige Schmutzstoffströme überschwemmen buchstäblich das Weltmeer. Wie der

französische Ozeanforscher Jacques-Yves Cousteau sagte, sei das Meer zu einem Gully geworden, in den alle von Flüssen weggeschwemmten Schmutzstoffe gelangen, alle Schmutzstoffe, die der Regen und der Wind unserer vergifteten Atmosphäre entnehmen, alle Schmutzstoffe, die aus solchen Giftmischern wie den Tankschiffen herausfließen. Deshalb ist es nicht verwunderlich, daß aus einem solchen Gully das Leben flüchtet.

Allgemein bekannt ist die Vergiftung vieler Einwohner der amerikanischen Stadt Alamo-gordo durch Quecksilber. Im Dezember 1984 starben mehr als 2500 Menschen in der indischen Stadt Bhopala an der Vergiftung durch Gase, die aus Behältern der amerikanischen Firma United Carbide entwichen waren. Weitere 100 000 Menschen trugen für den Rest ihres Lebens gesundheitliche Schäden davon.

Die Aufgabe der Orbitalkontrolle besteht u.a. darin, rechtzeitig und regelmäßig Informationen über die Einwirkung von Industrie und Landwirtschaft auf die Umwelt zu sammeln und zur Erarbeitung von Naturschutzprojekten beizutragen, wie auch orbitale Informationen zunehmend dazu beizutragen haben, viele Fragen einer ökologischen Krise, an deren Schwelle heute die Menschheit steht, zu lösen. Orbitalfotos, Fernseh- und Radarbilder sowie visuelle Beobachtungen aus dem Kosmos werden heutzutage im Interesse des Umweltschutzes wirksam genutzt. Die Abbildung 228 zeigt ein Schema, nach dem diese Arbeiten organisiert werden können.

In den 70er und in der ersten Hälfte der 80er Jahre wurden in der Sowjetunion nach orbitalen Aufnahmen Karten zum Schutz und zur rationellen Nutzung der Naturressourcen für eine ganze Reihe von Regionen zusammengestellt, deren Gesamtfläche zwei Millionen

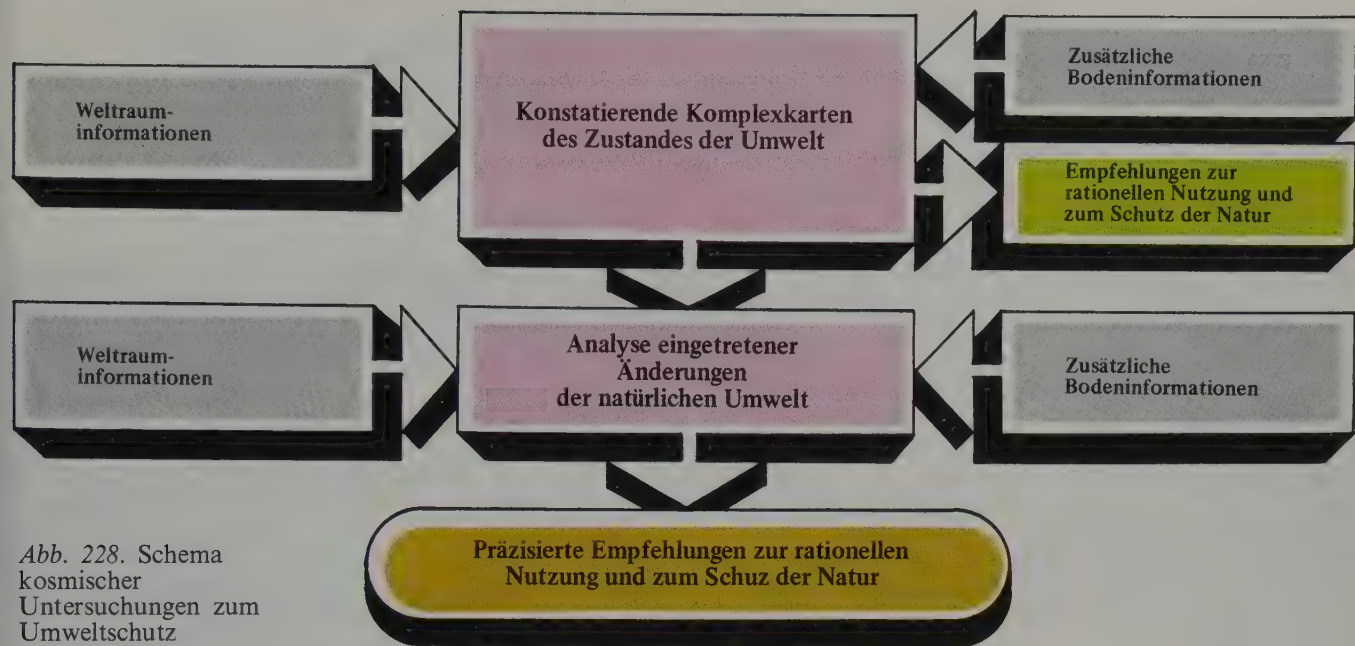


Abb. 228. Schema kosmischer Untersuchungen zum Umweltschutz

Quadratkilometer übersteigt. Mit Hilfe regelmäßiger Orbitalaufnahmen des Amudarjadeltas (Abb. 229) aus den Jahren 1975 bis 1981 gelang es u. a., das Eintrocknen des Deltas und die Änderung der Küstenlinie des Aralsees zu verfolgen, dessen Fläche seit etwa zwanzig Jahren ununterbrochen schrumpft.

Bei der Auswertung dieser Aufnahmen erkannten Spezialisten, daß sich die Orbitalaufnahmen für die Kartierung von Abschnitten mit sekundärer Bodenversalzung eignen. Zu einer solchen Versalzung kommt es des öfteren durch die Wasserfiltration aus Bewässerungssystemen. Dieses Wasser nimmt Untergrundsatz auf, trägt es an die Erdoberfläche, wodurch der Boden versalzt und für die Landwirtschaft unbrauchbar wird.

Als sich die Notwendigkeit ergab, Empfehlungen zum Schutz und zur rationellen Nutzung der Naturressourcen im Amudarjadelta, insbesondere im Zusammenhang mit dem dort entstandenen großen Tjujamujun-Stausee, auszuwerten, wurde die benötigte Karte mit Hilfe orbitaler Aufnahmen geschaffen. Die Abbildung 230 zeigt einen Teil dieser Karte.

Ähnliche Untersuchungen wurden in bezug auf die Oasen Murgab und Tedshen in

Mittelasien durchgeführt (siehe die Abbildungen 231 und 232 mit der Orbitalaufnahme dieses Raums sowie der Karte seiner anthropogenen Störungen). Nun können die weitere wirtschaftliche Erschließung der Oasen Murgab und Tedshen sowie Naturschutzmaßnahmen in dieser düregefährdeten Region geplant werden. Die Untersuchung dieses Territoriums aus dem Weltraum ist wegen der intensiven Bewässerung der umliegenden Wüste mit Hilfe des Karakumkanals wichtig geworden, wo die Fläche der Bewässerung für den Anbau von Baumwolle fünf Millionen Hektar übersteigen kann.

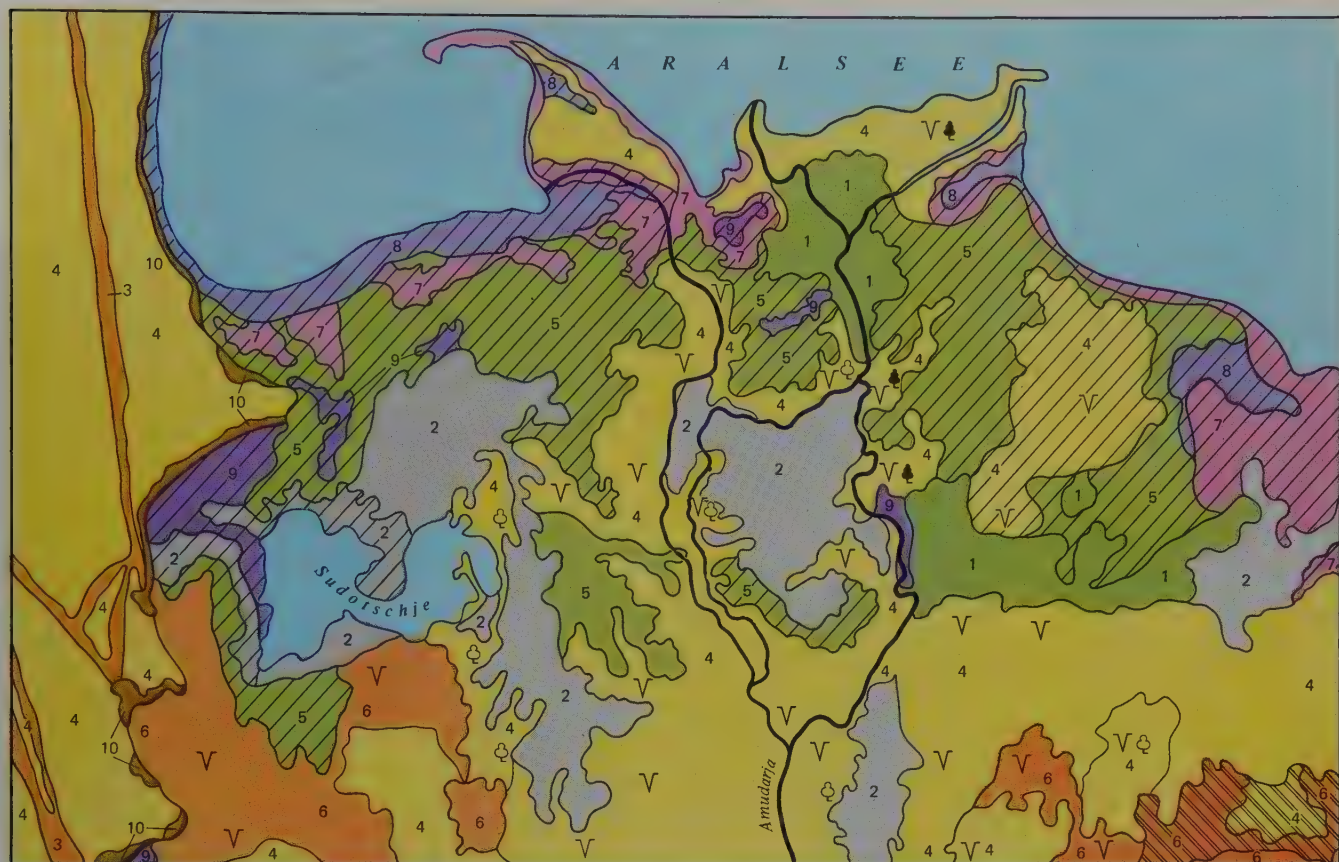
Eine aktuelle Aufgabe der kosmischen Naturerkundung ist das Studium der anthropogenen Verschmutzung im globalen und regionalen Maßstab. Längst steht fest, daß bedeutende ökologische Störungen regionalen Charakters sich auf die gesamte Natur auswirken. Im Blut antarktischer Pinguine, die bekanntlich fern von industriellen Ballungszentren leben, wurde beispielsweise das chemische Präparat DDT registriert. Sowohl in der Atmosphäre als auch im Schnee der Antarktis entdeckte man in überhöhtem Maße Blei 210, ein Zerfallsprodukt radioaktiver Elemente, das

Abb. 229. Kosmische Aufnahme des Amudarjadeltas. Im Ergebnis der Bildinterpretation entstand die folgende Karte.

Abb. 230. Naturschutzkarte für das Delta des Amudarjas, die im Staatlichen Zentrum „Priroda“ nach Angaben kosmischer Aufnahmen

und visuellen Luftbeobachtungen zusammengestellt worden ist.





Schutz der Naturkomplexe:

- 1 Schutz der Relikten-Uferwandslandschaft gegen jede anthropogene Einwirkung (Einrichtung von Naturschutzgebieten)
- 2 Schutz der See- und Sumpflandschaft (Einrichtung von Schongebieten)

Rekultivierung zerstörter Landschaften

- Gebiete, deren vollständige Rekultivierung nur durch umfassende wasserwirtschaftliche Maßnahmen möglich ist
- 3 Phytomelioration längs der Linienbauanlagen
- 4 Regelung der wirtschaftlichen Nutzung von Naturressourcen

V Einschränkung der Beweidung in Alluvialdeltaebenen

⊕ Einschränkung des Einschlags in Uferwäldern

Für wirtschaftliche Nutzung geeignete Gebiete

- 5 Für die Erweiterung der Weideviehzucht bei der Durchführung phytomeliorativer Maßnahmen
- 6 Für die Erweiterung des bewässerten Ackerbaus durch Entsalzung der Böden
- Für die Erweiterung der Erholungszentren

Wirtschaftlich ungenutzte Gebiete

- 7 Stark versalzte Böden an Stelle des Meeresgrundes mit gedeihenden Salzpflanzen
- 8 Stark versalzte Böden an Stelle des Meeresgrundes ohne Pflanzendecke
- 9 Salzböden
- 10 Badlands

von Erprobung der Uranatombomben herührt. In vielen Regionen des Weltmeeres werden Fische mit übernormal viel Quecksilber und Blei gefangen.

Der Ausstoß von Schadstoffen sowie Abwässer chemischer Großbetriebe gelangt in den globalen Kreislauf der Luft- und Was-

sermassen. So ziehen sich Fabrikrauchfahnen oft über hundert Kilometer dahin. Die Abbildung 233 ist ein Beispiel dafür. In ihrem rechten unteren Ausschnitt sind die Rauchfahnen des Hüttenkombinats Magnitogorsk im Ural (Gebiet Tscheljabinsk) zu erkennen. Die orbitale Winteraufnahme veranschaulicht, wie

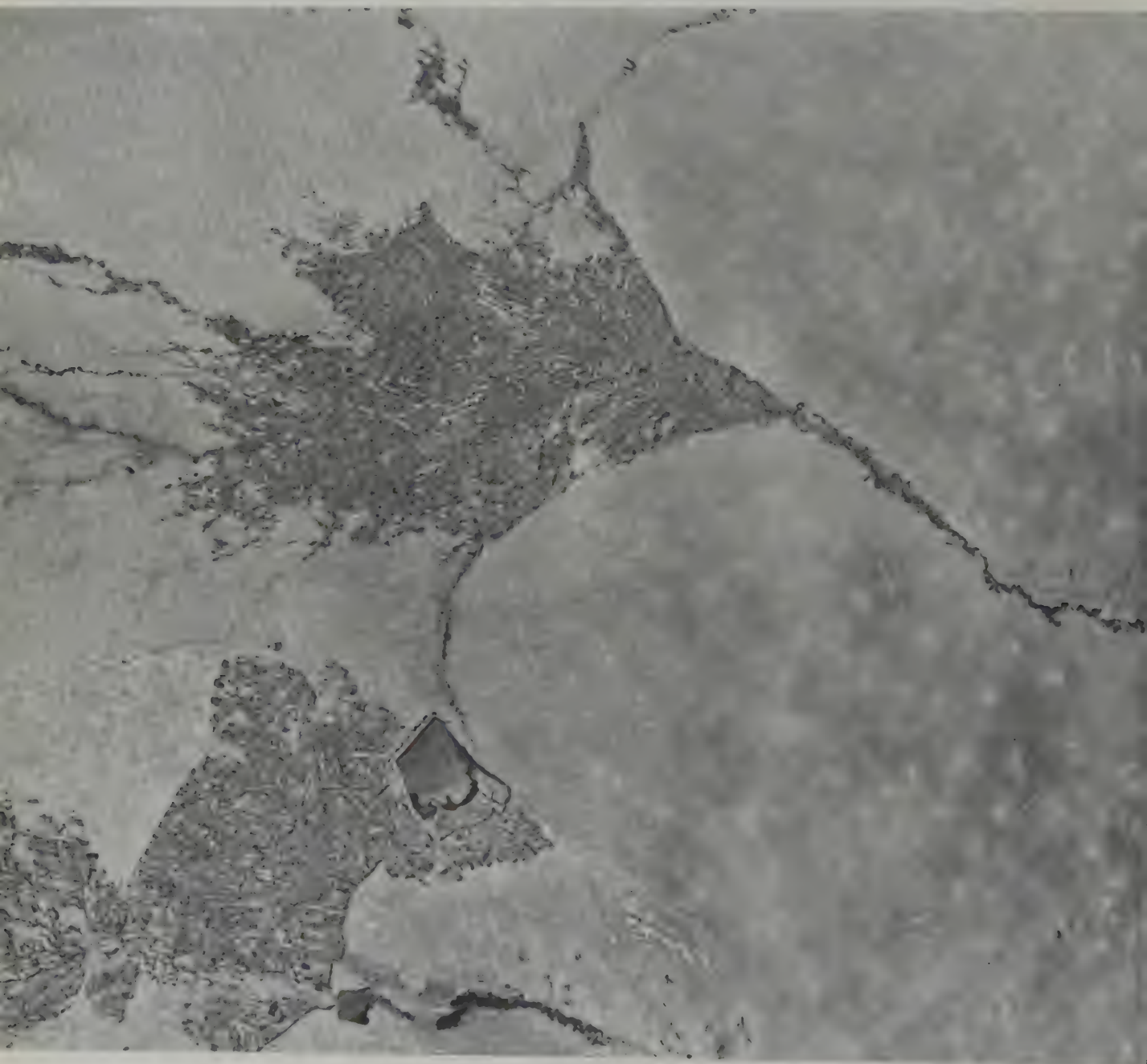
Abb. 231. Kosmische Aufnahme der Oasen an den Flüssen Tedshen und Murgab im südöstlichen Turkmenien, die zur Bewässerung genutzt

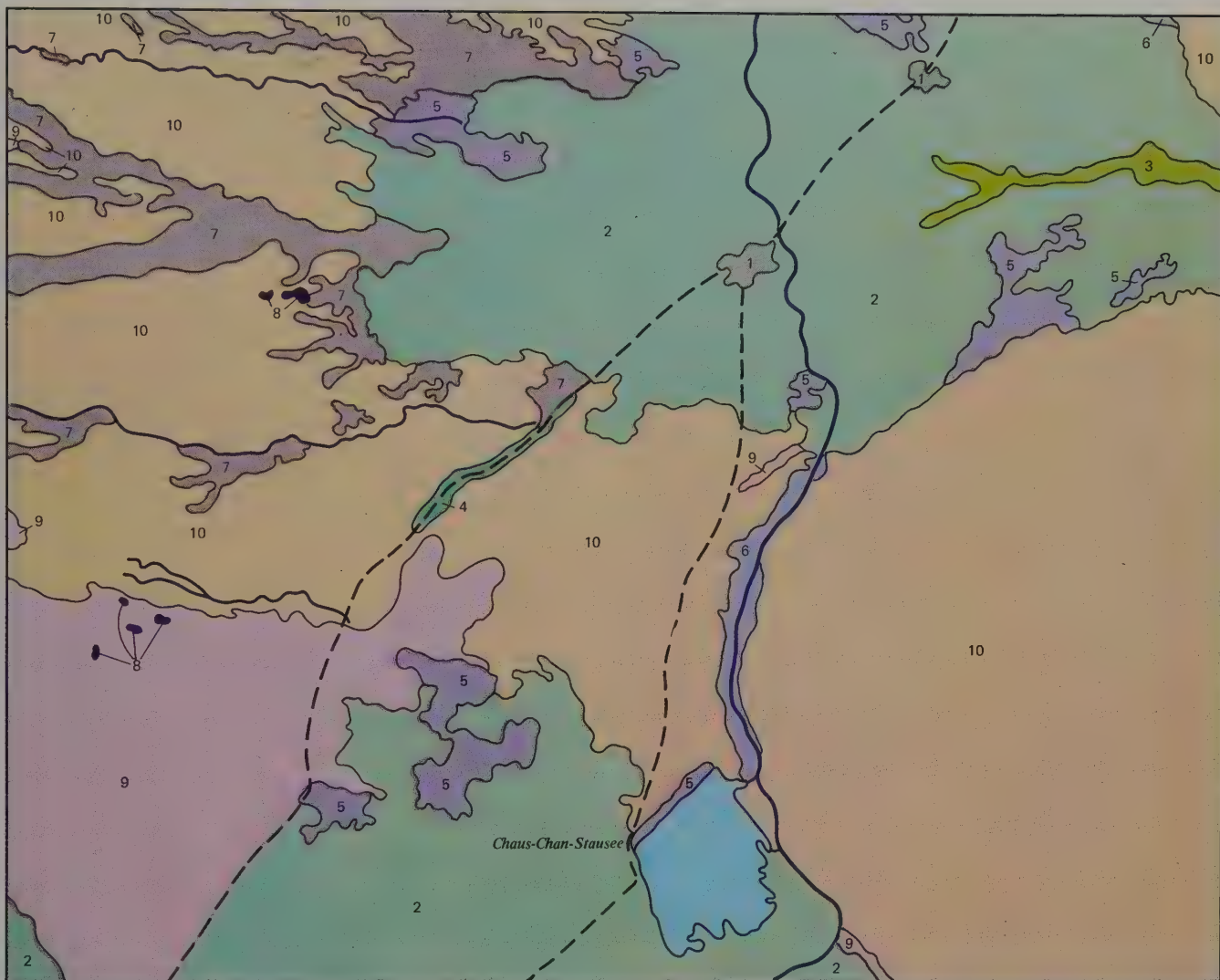
werden.

Abb. 232. Karte anthropogener Einwirkungen und der dadurch bewirkten

Erscheinungen auf dem Gebiet der Oasen Murgab und Tedshen in Mittelasien. Die Karte entstand im Ergebnis jahrelanger

Untersuchungen unter Verwendung von kosmischen Fotos und Luftaufnahmen.





Kulturland

- 1 Auf dem Orbitalbild registrierte Ortschaften
- 2 Bewässerte Ackerfelder der Oasen mit Verteilungs- und Bewässerungskanälen sowie besiedelte Gebiete
- 3 Landwirtschaftlich genutzte Flächen (Obst-, Wein- und Gemüsegärten) und Teile stark geschädigter Uferwälder in Flußtalern
- 4 Waldschutzstreifen längs der Verkehrsstraßen

Technogene Anlagen

- Hauptverkehrsadern
- Sonstige Kanäle und Sammelleitungen
- Karakumkanal „W. I. Lenin“
- Stauseen (Süßwasser)

Einflußzonen anthropogener Objekte

- 5 Gebiete der stark zunehmenden sekundären Versalzung bei erhöhtem Grundwasserstand
- 6 Versumpfte Böden mit wasserliebender Vegetation im Einflußbereich des Karakumkanals
- 7 Bewässerte Abschnitte mit einem Komplex salz- und wasserliebender Vegetation im Einflußbereich des Oasenwasserabflusses
- 8 Filtrationsseen und Seen, die aus Abwässern entstanden sind (salzhaltiges Wasser)
- 9 Schwachveränderte Salzwüste mit salzliebender Vegetation
- 10 Schwachveränderte Sandwüste mit sandliebender Vegetation



das Kombinat nach der Windrichtung das umliegende Territorium verschmutzt. Die Schneever Verschmutzung läßt auf die Streuungsentfernung der aus den Schloten ausstoßenden Stoffe sowie auf den Grad der Umweltverschmutzung schließen.

Regelmäßige Orbitalaufnahmen liefern den Hydrologen viele nützliche Informationen in

ihrem Kampf für die Reinhaltung und rationelle Nutzung der Trinkwasservorräte. Die mit der Verschmutzung des Wassers in den Großen Seen Nordamerikas und in den Flüssen Westeuropas zusammenhängenden Probleme sind allgemein bekannt. Und ohne die kosmischen Informationen wäre das Studium der Wasserverhältnisse der Flüsse der

Abb. 233. Die Flugbahnneigung der Stationen vom Typ Salut beträgt $51,6^\circ$, was die Beobachtung des Territoriums der UdSSR in der Nordrichtung begrenzt. Aus diesem Grunde findet im kosmischen Naturschutzdienst die Schrägaufnahme durch die Seitenfenster der Orbitalstation weitgehende Anwendung. So kann man Stellen der erhöhten Umweltverschmutzung bis zum 60. Breitengrad registrieren. Diese Aufnahme wurde von Bord der Station Salut 6 gemacht, als sie ihren nördlichsten Flugbahnabschnitt über der Stadt Orenburg erreichte. Das Foto zeigt den Süduräl. Im rechten unteren Winkel des Bildes ist die Umweltverschmutzung in der Umgebung von Magnitogorsk zu erkennen.



Abb. 234. Kosmische Aufnahme der Südwestküste des Kaspischen Meeres und des anliegenden Territoriums Aserbaidshans, auf der die Land- und Wasserverschmutzung erkennbar ist.

Becken des Kaspischen Meeres, des Asowschen Meeres und des Aralsees wesentlich erschwert. Die mit Hilfe von Orbitalaufnahmen zusammengestellten Bildpläne und thematischen Karten bieten die Möglichkeit, die hydrologischen und ökologischen Verhältnisse in dieser mehr als sechs Millionen Quadratkilometer großen Region zu studieren.

Nach diesen Materialien werden die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Naturobjekten untersucht, um zu verhindern, daß der Eingriff des Menschen in die natürliche Umwelt der westlichen Gebiete der UdSSR diese schädigt.

Orbitalbeobachtungen und -aufnahmen erwiesen sich auch bei der Registrierung der



Ölverschmutzung der Meere als recht wirksam. Auf der Abbildung 234 fallen Erdölflecke auf der Oberfläche des Kaspischen Meeres südlich von Baku auf. Dieser Teil des Meeres dient bereits seit Jahren als Haupttestgebiet, in dem sich sowjetischen Ökologen die Möglichkeit bietet, schnell und fehlerfrei Wasserverschmutzungen durch Erdöl festzustellen, das

Bohrsonden im Küstenbereich entweicht oder bei Tankspülungen ins Meer gelangt. Eine solche Registrierung wäre für die Behebung der Meeresverschmutzung und ihre Verhütung wichtig.

Orbitalaufnahmen registrieren auch großflächige Erdölverschmutzungen zu Lande. Solche Abschnitte fallen beispielsweise auf der

Abb. 235. Kosmische Aufnahme von Erdölfeldern an der Küste des Persischen Golfes in Saudi-Arabien. Deutlich erkennbar ist ein großer

Herd der Luftverschmutzung auf einem Erdölförderfeld.

Abb. 236. Ein Testabschnitt der

kosmischen Ökologie: Auf den Orbitalfotos werden die Besonderheiten bei der Entflammung verschiedener Erdölprodukte untersucht.



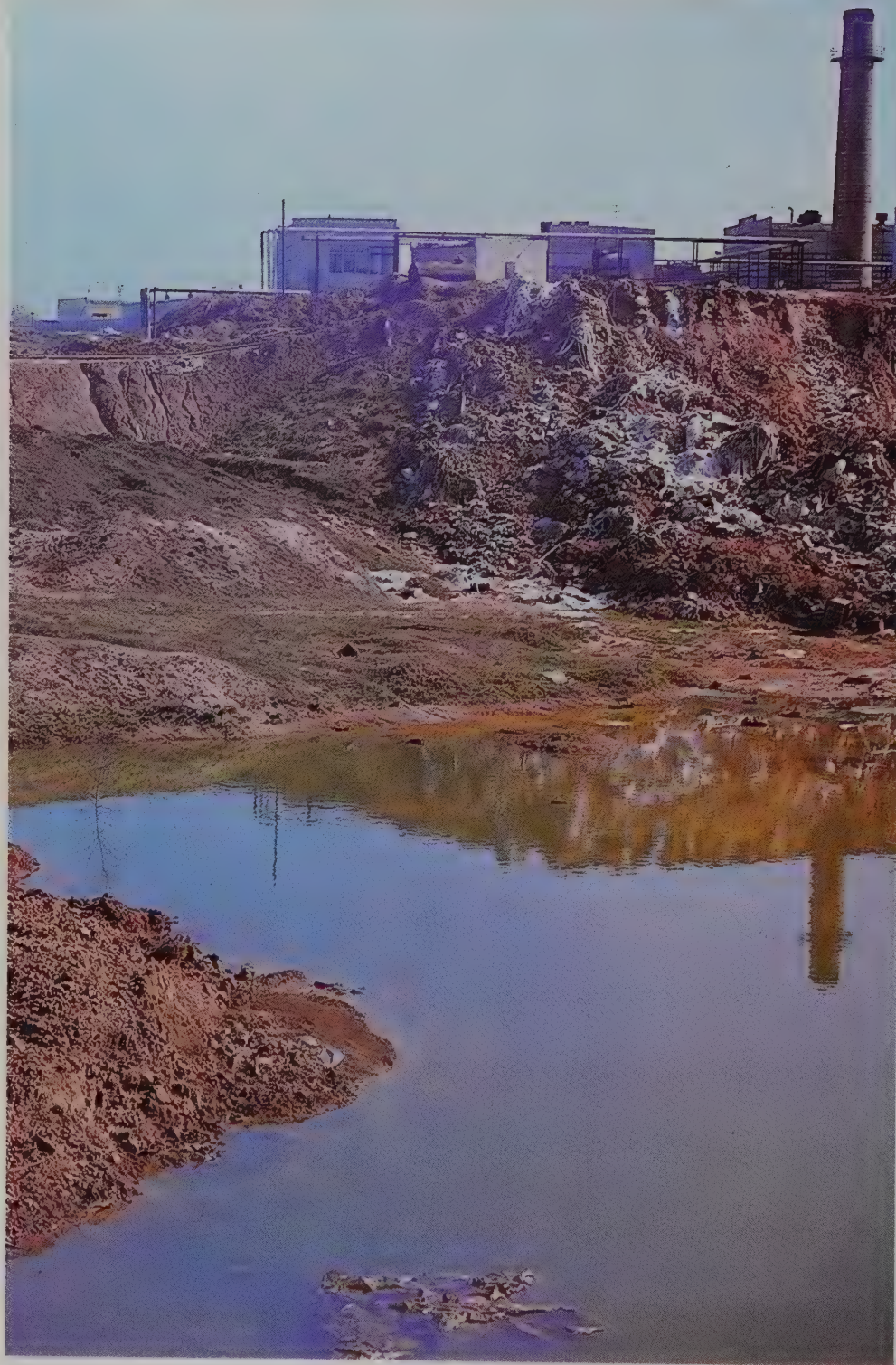


Abb. 237. Die Verschmutzung eines Vororts durch Abprodukte der Industrie, registriert vom Kontroll- und Schutzdienst für natürliche Umwelt. Derartige häßliche Flecke sind auf der Oberfläche unseres Planeten leider keine Seltenheit.

Abb. 238. Ein Tagebau. Aus dem Weltraum läßt sich genau erkennen, wie diese Wunde der natürlichen Landschaft immer größer wird. Bei der Rekultivierung dieses Gebiets werden kosmische Aufnahmen eine bessere Beurteilung der Wirksamkeit der Naturschutzmaßnahmen ermöglichen.



Halbinsel Apscheron auf, die weit ins Kaspische Meer hineinragt. Ruß- und Rauchfahnen brennender Erdölsonden, wie jene, die an der Küste des Persischen Golfes (Abb. 235) fotografiert worden sind, können manchmal so lang wie die Rauchschwaden großer Industriebetriebe sein.

Um eine Methodik zur Beobachtung des Rauchs brennenden Öls in wenig erschlossenen Teilen unseres Landes auszuarbeiten, werden zielgerichtete Boden-, Luft- und Weltraumexperimente zur Synchronuntersuchung verschiedener Aspekte der Verschmutzung der Atmosphäre durch Erdölbrände angestellt. Die Abbildung 236 stellt einen Abschnitt des ökologischen Testgeländes vor, auf dem von Zeit zu Zeit künstliche, von Erdöl und Masut genährte Brände verursacht werden.

Multispektrale Orbitalaufnahmen helfen beim Studium der anthropogenen Einwirkung auf das Territorium der Städte und Vororte (Abb. 237), um festzustellen, welche Folgen das Ableiten ungereinigter Industrie- und Haushaltsabwässer hat.

Eine weitere wichtige Forschungsrichtung der Orbitalökologie bilden die Beobachtungen und Aufnahmen von Landschaften, die infolge der Gewinnung mineralischer Rohstoffe im Tagebau geschädigt worden sind. Solche Tagebaue verschandeln das Antlitz unserer Erde und verlangen die unverzügliche Wiederurbarmachung des Bodens nach Beendigung des Abbaus der Bodenschätze oder gleichzeitig mit ihm. Die Abbildung 238 zeigt einen solchen Tagebau, dessen Untersuchung aus dem Orbit bereits im Jahre 1975 begann und viele wichtige Informationen lieferte.

Seit 1972 findet der Begriff „Monitoring der Umwelt“ Verbreitung, der ein Mehrzweckinformationssystem zur Überwachung des Zustandes der Natur unseres Planeten, zur Prognostizierung ihrer Veränderungen und zur Ermittlung von Faktoren der anthropogenen Einwirkung bezeichnet. Der Einsatz von Satelliten und Orbitalstationen bildet inzwischen die Grundlage des kosmischen Monitorings der Umwelt.

Die Sowjetunion schenkt dem Schutz und der Pflege der natürlichen Umwelt viel Auf-

merksamkeit. In Artikel 18 der Verfassung der UdSSR heißt es: „Im Interesse der heutigen und kommender Generationen werden in der UdSSR die erforderlichen Maßnahmen zum Schutz und zur wissenschaftlich begründeten, rationellen Nutzung des Bodens und der Bodenschätze, der Wasserressourcen, der Pflanzen- und Tierwelt, zur Reinhaltung der Luft und des Wassers, zur Gewährleistung der Reproduktion der Naturreichtümer und zur Verbesserung der Umwelt des Menschen getroffen.“

Die Verbesserung (bzw. Optimierung) der natürlichen Umwelt ist eine komplizierte Angelegenheit. Ihr geht eine mühselige Arbeit bei der Untersuchung aller Naturobjekte voraus, vor allem die Ermittlung und Einschätzung des gegenseitigen Einflusses von Prozessen und Erscheinungen in der Umwelt, sowie die tiefgreifende Analyse der möglichen Folgen des Eingreifens des Menschen in die Natur. Orbitalinformationen werden zu einer direkt unentbehrlichen Komponente des Wissens, ohne das die Anlegung von Stauseen, der Bau von Irrigationsanlagen und die Trockenlegung von Sümpfen undenkbar sind, weil sonst das in Jahrtausenden entstandene ausgewogene Gleichgewicht der Umwelt gestört werden kann.

Der Mensch, der selbst aus der Natur hervorgegangen ist, wird also immer mehr zu ihrem Umgestalter. Eine Verbesserung der Umwelt gehört zu den edelsten Aufgaben der Menschheit, weil ein vollwertiges und glückliches Leben nur unter günstigen Naturbedingungen möglich ist.

DIE RAUMFAHRT IM DIENSTE DER KOSMISCHEN FERNERKUNDUNG DER ERDE

In den letzten zehn bis fünfzehn Jahren haben viele Staaten mit der Fernerkundung der natürlichen Umwelt aus dem Orbit begonnen oder bereiten sich gegenwärtig darauf vor.

Die Vereinigten Staaten von Amerika starteten beispielsweise im Jahre 1972 den mit Fernsehgeräten ausgerüsteten Satelliten Landsat 1, dessen Aufgabe die Untersuchung der Naturressourcen der Erde war. Im weiteren wurde dieser Satellitentyp modernisiert. Am 1. März 1984 wurde der Satellit Landsat 5 in eine sonnensynchrone Umlaufbahn mit einer Höhe von 705 km und einer Bahnneigung von $98,2^\circ$ gebracht. Dieser Satellit gewinnt mit Hilfe der MSS-Fernsehkameras Angaben in vier Spektralbereichen und mit TM-Fernsehkameras Angaben in sieben Spektralbereichen. Das maximale Auflösungsvermögen beträgt bei den TM-Kameras 30 m und bei MSS-Kameras 79 m.

In den USA ist eine Reihe von Satelliten zum Studium des Weltmeeres und zu meteorologischen Untersuchungen entwickelt worden, die bereits im Einsatz sind.

Einen großen Umfang von Arbeiten zur Untersuchung der natürlichen Umwelt ermöglichte in den Jahren 1973 und 1974 der Einsatz der bemannten Versuchsorbitalstation Skylab. Genau so wie ihre sowjetischen Kollegen haben auch die amerikanischen Spezialisten den bemannten Naturerkundungssystemen einen wichtigen Platz zugedacht. In der Station Skylab sind nacheinander drei aus je drei Astronauten bestehende Besatzungen tätig gewesen.

Zur Untersuchung der natürlichen Ressourcen der Erde diente in der Station der Komplex EREP (Earth Resources Experiment Package). Dieser Komplex bestand aus fünf Geräten, die im sichtbaren, im infraroten und im Mikrowellenbereich arbeiteten. Mit Hilfe dieser Geräte wurden folgende Untersuchungen

durchgeführt: S 190 (mit Hilfe eines Komplexes aus sechs Fernsehbildkameras MPF und einer Erdübersichtskamera), S 191 (mit Hilfe eines infraroten Spektrometers), S 192 (mit Hilfe der Abtastfernsehkamera MSS für mehrere Spektralbereiche), S 193 (mit Hilfe der Mikrowellensonde RSA – Radiometer-Scatterometer-Altimeter, einer Anlage, die aus einem Radiometer, einem Funkmeßgerät und einem Funkhöhenmesser bestand), S 194 (mit Hilfe eines Radiometers).

Später trat im amerikanischen Programm zur kosmischen Fernerkundung der Erde mit Hilfe bemannter Systeme eine längere Pause ein. Erst im Jahre 1981 wurden diese Untersuchungen mit bemannten Raumfähren „Space Shuttle“ fortgesetzt. Zu besonders interessanten Geräten an Bord der Raumfähre gehörten die Großformatkamera LFC (Large Format Camera) für Erdaufnahmen aus dem Weltraum sowie eine Radarstation. Die LFC-Kamera ist für die geologische Erkundung, die topographische Kartierung und die Umweltkontrolle bestimmt und mit dem Objektiv Metritek/30 (Brennweite 305 mm) bestückt, was bei Schwarzweißaufnahmen eine Auflösung von etwa 23 m sichert.

Die in „Space Shuttle“ installierte Radarstation (SJR A, SJR B) ermöglicht die Gewinnung umfangreicher Informationen für die Suche nach Bodenschätzen und Süßwasserquellen, für die Forstwirtschaft und den Umweltschutz, für die rationelle Organisation der Schifffahrt und Fischerei. Es wird erwartet, daß amerikanische Erdöl- und Erdgasgesellschaften, Geologen, Ozeanographen, Landwirte und Umweltschutzspezialisten entsprechende Informationen anfordern werden. Spezialisten aus Kanada zeigen Interesse für Allwetteraufnahmen von Eisbergen. Ägypten und Saudi-Arabien wünschen Fotos von Wüstengebieten. Spezialisten aus Kenia sind an Aufnahmen des Zen-

tralafrikanischen Grabens interessiert. Die Bundesrepublik Deutschland, Japan, Australien, Brasilien sowie eine Reihe anderer Länder beabsichtigen ebenfalls, Radaraufnahmen zu bestellen. Einen besonders hohen Nutzeffekt bringen diese Geräte beim Einsatz in Raumstationen.

Das Programm der USA sieht die Schaffung einer bemannten Orbitalstation für den ständigen Aufenthalt des Menschen im Weltraum vor. Voraussichtlich beginnt der Einsatz dieser Station im Jahre 1992 anlässlich des 500jährigen Jubiläums der Entdeckung Amerikas durch Kolumbus. Mit Hilfe dieser Station soll ein mannigfaltiges Programm zur Fernerkundung der Erde realisiert werden.

In den letzten Jahren nehmen immer mehr Länder an der Fernerkundung der Erde aus dem Weltraum teil. In Frankreich ist beispielsweise ein besonderer Erderkundungssatellit Spot entwickelt worden, der hochmoderne Fernerkundungsgeräte an Bord hat. Der Satellit Spot sichert die Gewinnung von Farbfotos (Auflösungsvermögen – 30 m) und von monochromatischen Fotos (Auflösungsvermögen – 10 m).

Die westeuropäische Organisation ESA, der 13 Länder (Belgien, die Bundesrepublik Deutschland, Dänemark, Frankreich, Großbritannien, Irland, Italien, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweden, die Schweiz und Spanien) angehören, hat den Satelliten ERS I entwickelt, der für die Messung der Windgeschwindigkeit und für die Untersuchung der Oberfläche des Weltmeeres im globalen Maßstab bestimmt ist. Mit Hilfe eines Funkmeßgerätes mit synthetisierter Apertur will man auch die Festlands Oberfläche überwachen. Dieses Gerät dient als Detektor von Abbildungen, als Windgeschwindigkeitsmesser und als Wellenhöhenmesser. Das Funkmeßgerät wird die Kartierung von Eisfeldern ermöglichen und deren Charakteristiken präzisieren. Der Satellit ERS I hat auch ein IR-Dreiwellenradiometer an Bord, das Objekte nach dem Gierwinkel abtastet. Das Radiometer gestattet es, die Temperatur der Ozeanoberfläche und des oberen Teils der Bewölkung zu messen. Dank Mikrowellenmeßvorrichtung

lassen sich der summarische Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre sowie die Niederschlagsmenge bestimmen.

Auf ihrer Tagung im Januar 1985 beschloß die westeuropäische Organisation ESA das Programm „Kolumbus“, das die Schaffung eines bemannten Orbitalblocks und automatischer autonomer Orbitalplattformen vorsah, die gemeinsam mit der amerikanischen bemannten Orbitalstation zum Einsatz kommen sollen. Vorgesehen ist, daß in fernerer Zukunft die von der ESA im Rahmen des Programms „Kolumbus“ entwickelten Orbitalobjekte unabhängig von der amerikanischen Station genutzt werden können.

In Frankreich wird an der Entwicklung des wiederverwendbaren bemannten Raumschiffes „Hermès“ gearbeitet. Dieses interessante Projekt ermöglicht es, nicht nur Transportoperationen mit bemannten Orbitalstationen durchzuführen, sondern auch viele zielgerichtete Aufgaben, darunter auf dem Gebiet der Umwelterforschung, zu lösen.

In Japan wird der Experimentalsatellit MOS I für die Erderkundung entwickelt, der eine Versuchsserie von Satelliten zur Beobachtung des Weltmeeres, der Festlands Oberfläche und der Atmosphäre einleiten soll. Die Neuentwicklung soll in den neunziger Jahren zum Einsatz kommen. Der erste künstliche Erdsatellit zur Untersuchung der Naturressourcen JERS 1 soll in Japan 1990 gestartet werden. Darüber hinaus betreibt Japan Forschungen zur Entwicklung einzelner Module und Geräte für deren Einsatz in amerikanischen bemannten Orbitalstationen.

In Indien entsteht ein Satellit für die Fernerkundung der Erde, mit dessen Hilfe die Gewinnung von Abbildungen der Erdoberfläche mit einem Auflösungsvermögen bis 36 m möglich ist. Umfangreiche Erfahrungen für die Entwicklung ihres nationalen Systems zur Untersuchung der Naturressourcen aus dem Weltraum sammelten indische Spezialisten bereits im Rahmen des gemeinsamen sowjetisch-indischen Experiments „Terra“, das in der Orbitalstation Salut unter Teilnahme eines indischen Kosmonauten durchgeführt wurde.

Ein großes Problem der Umweltuntersu-

Abb. 238b. Der
französische Satellit
„Spot“ zur Fernerkundung
von Naturressourcen
der Erde



chung aus dem Weltraum stellt die Verarbeitung der umfangreichen und verschiedenartigen Informationen dar, die von künstlichen Erdsatelliten und Orbitalstationen stammen. Hunderttausende Fernseh- und Fotoaufnahmen, Angaben von Radarstationen und infraroten Geräten bewirken geradezu eine „Informationsschwemme“, die nur durch die Schaffung besonderer Zentren zum Empfang und zur Verarbeitung geokosmischer Informationen unter Einsatz modernster schnellwirkender EDV-Anlagen bewältigt werden kann. Zu diesem Zweck werden Bodenapparaturen für die Verarbeitung der von den Erderkundungssatelliten abgerufenen Informationen entwickelt und eingesetzt. Verschiedene Länder, die nicht über eigene künstliche Erdsatelliten verfügen, erwerben derartige Apparaturen, um Informationen von amerikanischen oder französischen Satelliten abzurufen.

Große Probleme ergeben sich bei der Verarbeitung laufender Informationen. Denn solche Nutzer geokosmischer Angaben wie Meteorologen, Spezialisten der Landwirtschaft sowie diejenigen, die Naturkatastrophen wie Waldbrände, Tsunami, Taifune usw. zu überwachen haben, sind auf die Verarbeitung von Informationen im Laufe von wenigen Tagen oder gar Stunden angewiesen, sonst büßen diese Informationen jeden Wert ein.

Im Zusammenhang mit den von den Nutzern zu lösenden verschiedenartigen Aufgaben und den von ihnen verwendeten Methoden zur Analyse von Informationen aus dem Weltraum müssen die Verarbeitungszentren ihre Daten in der verschiedensten Form ausgeben: als Schwarzweiß- oder Farbfotos, Fotopläne und -karten, thematische Karten, Mikrofilme, Kataloge usw. Diesen Angaben werden in der Regel sogenannte Dienstinformationen beigelegt: ballistische Parameter der Umlaufbahn des betreffenden Weltraumflugkörpers (Satelliten) oder der Orbitalstation, die diese Informationen lieferten; Angaben über den Zustand der Geräte zur Fernerkundung beim Empfang von Informationen, über die Visierwinkel bei der Aufnahme eines bestimmten natürlichen

Objekts, über die Witterungsbedingungen und die Beleuchtung des zu beobachtenden Erdgebietes.

Vorkalkulationen lassen darauf schließen, daß in nicht allzu ferner Zukunft die Bodenzentren tagtäglich einen Informationsumfang von 10^{11} bis 10^{12} Bit verarbeiten müssen, während der jährliche Gewinn, der sich aus der Verwendung der verarbeiteten Informationen ergibt, in globalem Ausmaß etwa hundert Milliarden Dollar erreichen kann.

Zu diesem Zweck ist bei der Genfer Universität im Rahmen des UNO-Programms UNEP (United Nations Environmental Program – UNO-Programm zur Untersuchung der Umwelt) das GRID-Zentrum (Global Resource Information Database – Weltinformationszentrum für Angaben über Naturressourcen) für Umweltinformationen gegründet worden. Seine Aufgabe besteht in der Verarbeitung der von Erderkundungssatelliten und anderen Raumflugkörpern gelieferten Informationen, die den Entwicklungsländern und anderen Staaten für ihre praktische Tätigkeit und Perspektivplanung zur Verfügung gestellt werden sollen.

Seit Jahren bestehen außerdem in der Sowjetunion, den USA, Frankreich, Indien und in anderen Ländern nationale Zentren zur Verarbeitung und Verbreitung geokosmischer Informationen. Diese Zentren haben sich gut bewährt.

Die Erderkundung aus dem Weltraum erweist also den Menschen von Jahr zu Jahr immer wichtigere Dienste und hilft ihnen bei der Lösung sowohl nationaler als auch globaler Probleme.

Für
die kommenden
Generationen

Die Erfolge und Errungenschaften der Raumfahrt sind derart groß, daß mit Sicherheit von ihrem Einfluß auf die Optimierung der natürlichen Umwelt, auf die Hauptetappen und -wege bei der Erschließung des erdnahen Weltraums und später auch der nächstliegenden Himmelskörper des Sonnensystems gesprochen werden kann.

Die gegenwärtig im Kosmos eingesetzten Orbitalstationen sollen schon in nächster Zeit von ständigen Orbitalstützpunkten mit Dutzenden und sodann auch Hunderten Mann starken Besatzungen abgelöst werden.

Die Orbitalkomplexe sollen im Weltraum auf die gleiche Weise montiert werden wie komplizierte ingenieurtechnische Anlagen auf der Erde. Der Unterschied wird lediglich darin bestehen, daß die kosmischen „Montagearbeiter“ ihr Werk unter den komplizierteren Bedingungen der Schwerelosigkeit, des Vakuums und einer verstärkten Strahlung arbeiten müssen. Hierzu werden Spezialwerkzeug, kosmische Manipulatoren, individuelle Transportmittel und anderes mehr benötigt. Die Arbeit im freien Kosmos muß geübt werden. Das geschah beispielsweise im Rahmen des Programms der Orbitalstation Salut 7, als zusätzliche Sonnenbatterien usw. montiert wurden. Im erdnahen Weltraum beginnt dann die Montage von Konstruktionen großer Abmessungen aus Einzelteilen.

Vor allem will man in Zukunft Energieanlagen in den Kosmos verlegen, um der Biosphäre die sonst unvermeidliche Überhitzung durch Wärme- und Kernkraftwerke zu ersparen. Gigantische Sonnenbatterien, Sonnenenergie-Spiegelkollektoren sowie Atommeiler sollen in den erdnahen Kosmos gebracht werden, um Elektroenergie zu erzeugen, die dann im Zentimeterwellenbereich in eine Ultrahochfrequenzstrahlung umgewandelt und

über besondere Antennen zur Erde übertragen wird.

Die Produktion von Kristallen, Halbleitern, Verbundwerkstoffen und Medikamenten wird in den kosmischen Stützpunkten zu einer alltäglichen Angelegenheit.

Mit dem zahlenmäßigen Wachstum des Rotation würde in diesen kosmischen Städten sich diese nach und nach in kosmische Städte mit vielköpfiger Einwohnerzahl verwandeln, die sich mit astrophysikalischen Untersuchungen sowie mit der Fernerkundung der Erde beschäftigen, in orbitalen Werken arbeiten und verschiedene Erzeugnisse für die Erdbevölkerung produzieren. Ökologisch geschlossene Lebenssicherungssysteme, kosmische Treibhäuser und Gärten, Schwimmbecken und Promenaden würden das Leben in solchen kosmischen Städten komfortabel machen. Besondere Transportsysteme würden die kosmischen Städte mit der Erde sowie mit anderen Orbitalsiedlungen verbinden. Die Rotation würde in diesen kosmischen Städten für künstliche Gravitation sorgen, welche den Einfluß der Schwerelosigkeit aufheben würde. Aus diesem Grund würde auch die recht beschwerliche Rückgewöhnung an die Erdgravitation nach der Rückkehr zur Erde entfallen. Die kosmischen Städte werden über eigene Kosmodrome verfügen. Zwischen der Erde und ihrem nächsten kosmischen Nachbarn – dem Mond – wird ein regelmäßiger Verkehr bestehen.

Obwohl sich die Wissenschaftler heute noch nicht über die Wege zur Schaffung einer Biosphäre auf dem Mond im klaren sind, ist eine Reihe grundlegender Fragen bereits bekannt. So steht beispielsweise fest, daß für die normale Lebensexistenz ein Magnetfeld mit bestimmten Eigenschaften erforderlich ist (gerade ein solches Magnetfeld besteht nämlich auf der Erde). Außerdem sind entsprechende

Abb. 238a. Die Montage einer großen bemannten Orbitalstation im Weltraum. Die Konstruktion der Station sowie ihre toroidale Form

gestatten es, durch die Drehung rund um die Torusachse in den Wohnzellen eine künstliche Gravitation zu erzeugen.

Gemälde von Alexej Leonow und Andrej Sokolow



Strahlungsverhältnisse unumgänglich, die für die lebende Materie unschädlich wären. Auf unserem Planeten sorgen für diese Verhältnisse erstens das magnetische Erdfeld, das die Erdoberfläche schützt und Zonen der Einfangstrahlung (die bereits mit Hilfe der ersten künstlichen Erdtrabanten entdeckten sogenannten Strahlungsgürtel der Erde) bildet, und zweitens die Atmosphäre, die als mächtiger Schutzschirm die tödliche Strahlung absorbiert. Schließlich ist die Bedeutung der atmosphärischen Luft für alle lebenden Organismen wohlbekannt. Diese Luft hat eine bestimmte Zusammensetzung und hinreichend

untersuchte Eigenschaften. Auch Wasser ist zum Leben unentbehrlich. In irgendeinem begrenzten Umfang, zum Beispiel innerhalb eines Mondstützpunktes, wird man diese erforderlichen Bedingungen schaffen. Doch damit wären die Bedürfnisse des Menschen bei der Erschließung und Nutzung des Mondes noch nicht befriedigt.

Durchaus logisch erscheint, daß die Umweltbedingungen auf unserem natürlichen Trabanten den irdischen angeglichen werden müßten. Es gilt, auf dem Mond eine Atmosphäre zu schaffen, doch müßte deren relative Molekularmasse größer sein als die unserer

irdischen Luft. Das ist dadurch zu erklären, daß sich eine schwerere Atmosphäre bei einer viel schwächeren Gravitation als auf der Erde mit geringerer Ausbreitungsgeschwindigkeit im Weltraum auflösen würde. Die „Nachspeisung“ einer solchen Atmosphäre wäre technisch durchaus realisierbar. Schließlich würde man sich sogar mit einer Atmosphäre begnügen, in der man sich nur im Skaphandern aufhalten kann, allerdings in leichten, bequemen, die die Bewegungsfreiheit des Menschen kaum beeinträchtigen. Auch eine solche Atmosphäre würde schon einen zuverlässigen „Schild“ darstellen, der die Mondoberfläche gegen die für alle Lebewesen tödliche Strahlung aus dem Kosmos schützt. Demselben Zweck soll ein künstliches Mondmagnetfeld dienen, das für besonders rationelle Bedingungen einer Lebenstätigkeit auf der Mondoberfläche zu sorgen hat.

Die Schaffung günstiger Strahlungs- und Magnetverhältnisse sowie einer Atmosphäre wie auch die Förderung von Wasser aus dem Mondgrund würden die Kultivierung verschiedener ausgewählter Pflanzen auf der Mondoberfläche gestatten. Somit könnte auf dem Mond eine Pflanzenwelt entstehen, die letzten Endes zur Entstehung einer Biosphäre führen würde. Dann verwandelt sich der Mond in einen kleinen bewohnbaren Planeten auf dem Wege der Verbreitung der Menschheit in den unendlichen Weiten des Alls.

In dieser Etappe büßt der Mond allmählich seine ursprüngliche Bedeutung als Vorposten der Wissenschaft ein, der günstige Bedingungen für astrophysikalische und andere Untersuchungen bietet. Er würde sich nach und nach in den „siebenten Kontinent“ unseres Planeten verwandeln, auf dem die Menschen Lebens- und Arbeitsbedingungen vorfinden.

Wissenschaftliche Stationen könnten auf den natürlichen Trabanten auch anderer Planeten (Mars, Jupiter, Saturn u. a.) entstehen, während sich der Mond in eine hochentwickelte Region des Systems Erde-Mond verwandelt und die Erde von der energieintensiven Produktion befreit. Die auf dem Mond eingerichteten kosmischen Betriebe könnten sich vor allem auf die Gewinnung von

Bodenschätzen, auf die Produktion von nuklearem Treibstoff für Raketensysteme konzentrieren, die von Mondkosmodromen Reisen in entfernte Teile des Weltraums antreten. Auf dem Mond aufgestellte leistungsstarke funktechnische Anlagen würden die Kontakte zu interplanetaren Stationen aufrechterhalten, die Tiefe des Kosmos erforschen und eventuell mit außerirdischen Zivilisationen Kontakte unterhalten. Der Bergbau auf dem Mond würde nicht nur die „mondischen“ Bedürfnisse befriedigen, sondern auch die Erde mit Selten-erdmetallen versorgen.

Nach dem Mond würde die Umgestaltung und Besiedlung des Mars auf der Tagesordnung stehen. Nicht von ungefähr gehört er zu den Planeten der sogenannten Erdgruppe. Nach seinen Eigenschaften paßt dieser kosmische Nachbar der Erde durchaus für eine Erschließung. Seine harten Naturbedingungen erfordern allerdings ernste Veränderungen.

Es sei daran erinnert, daß der Mars im Durchschnitt etwa 228 Mill. km von der Sonne entfernt ist. Die Entfernung von der Erde zur Sonne beträgt dagegen nur 150 Mill. km. Schon das allein macht klar, daß der Mars viel weniger Sonnenwärme als unser Planet empfängt. Die größte Entfernung zwischen Mars und Erde beträgt 400 Mill. km. Die geringste schwankt zwischen 55 und 100 Mill. km und entfällt auf die sogenannte Marsopposition, die sich alle 2 Jahre und 50 Tage wiederholt. Die geringste Entfernung zwischen Erde und Mars – 55 Mill. km – wiederholt sich alle 15 bis 17 Jahre im Zeitraum vom Juli bis September. Der Durchmesser des Mars (6700 km) macht nur die Hälfte des Erddurchmessers aus. Seine 144 Mill. km² große Oberfläche entspricht praktisch der Festlandoberfläche unseres Planeten. Auf dem Mars gibt es weder Meere noch sonstige Gewässer. Dennoch ist die Meinung verbreitet, daß es dort sehr viel Wasser in Form von Eis in den oberflächennahen Grundschichten gibt. Die Masse des Mars macht nur 10,7 Prozent der Masse unserer Erde und die Gravitation auf seiner Oberfläche 38 Prozent der Erdschwerkraft aus. Ein 70 kg schwerer Mensch würde auf dem Mars nur 27 kg wiegen, was die Entwicklung

neuartiger Maschinen und Mechanismen voraussetzen würde.

Die klimatischen Verhältnisse auf dem Mars sind recht eigenartig. Der Mars erhält 36 bis 52 Prozent weniger Sonnenwärme als die Erde. Die jahresdurchschnittliche Temperatur beträgt dort -25°C (auf der Erde $+10^{\circ}\text{C}$). Stark schwanken die saisonbedingten sowie die Tages- und Nachttemperaturen. Im Winter sinkt die Temperatur an den Polen auf 130°C unter Null. Im Sommer steigt sie am Äquator tagsüber auf $+30^{\circ}\text{C}$ und sinkt nachts auf -75°C . Derartige Temperaturschwankungen erklären sich durch die trockene und dünne Marsatmosphäre, deren Hauptkomponente Kohlendioxid ist. In der Marsgashülle wüten nicht selten Staubstürme, die ausgedehnte Gebiete erfassen können. Die Oberflächengestaltung des Mars—Krater, Anhöhen und Berge—ähnelt der des Mondes. Die wüstenähnliche und leblose Landschaft ist unwirtlich und trist. Dieses Neuland scheint auf den Menschen geradezu zu warten.

Die Erschließung der Marsweiten ist eine grandiose Aufgabe künftiger Generationen. Zuerst werden dort wohl einzelne Siedlungen mit komplizierten wissenschaftlich-technischen Anlagen entstehen, zwischen denen dann Straßen und sonstige Verbindungsleitungen gebaut werden. Die Nutzung der reichen Naturschätze des Mars wird die nächste Etappe sein. Später wird man unter besonderen Kuppeln Marsstädte bauen können. Nach und nach wird die ganze Natur dieses Planeten, sowohl die Atmosphäre als auch das Klima, umgestaltet. Möglicherweise kann der Mars zusätzliche Strahlungsenergie von künstlichen Satelliten bekommen. Eine Biosphäre würde entstehen. Die Menschen werden diesen Planeten völlig erschließen und ihn in eine gigantische kosmische Stadt verwandeln.

So stellen wir uns die Erschließung und Besiedlung der Planeten des Sonnensystems durch die Menschheit vor, die, gestützt auf die Macht des Verstandes, den ganzen sonnennahen Raum erobern wird, wie es schon Ziolkowski vorausgesagt hat.

Neben den Planeten und ihren Trabanten gibt es im Sonnensystem Asteroiden, kleine

Himmelskörper, die die Aufmerksamkeit vieler Wissenschaftler, auch Konstantin Ziolkowskis, erregt haben. Die Flugbahnen aller bekannten Asteroiden sind einer Ekliptikebene nahe, d.h. einer Ebene, in der sich die Sonne in ihrer Jahresbewegung unter den Sternen befindet. Die meisten Asteroiden kreisen zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter. Direkt erregend ist, daß sich die Bahnen dieser Kleinplaneten praktisch an einer Stelle kreuzen, die von der Sonne etwa 420 Mill. km entfernt ist. Dieser Umstand läßt darauf schließen, daß es an dieser Stelle einst einen Planeten gegeben haben muß, der im Ergebnis irgendeiner kosmischen Katastrophe explodiert ist (oder gesprengt wurde). Von Interesse ist auch der Umstand, daß sich nach der Titius-Bodeschen Reihe, einer astronomischen Regel, die den Platz der Planeten im Sonnensystem bestimmt, gerade an dieser Stelle ein Planet befinden müßte, der nicht entdeckt werden konnte. Was war das für ein Planet? Was hat sich in der Umgebung unserer Erde abgespielt? Begründete Antworten auf diese Frage bleiben vorerst aus. Dafür existieren mehrere Hypothesen und Versionen. Einer von ihnen wollen wir uns hier zuwenden.

Vor fünfundsiebzig Millionen Jahren kreiste zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter ein Planet (wir wollen ihm den Namen Phaethon geben), dessen Masse etwas mehr als die unserer Erde war. Dieser Planet war um die Hälfte älter als unsere Erde. Zu jener Zeit verteilte sich die Wärme innerhalb des Sonnensystems intensiver als heute. Auf dem Planeten hat es organisches Leben gegeben, was durch Meteoriten, Splitter des erwähnten Planeten, bestätigt wird, die auf die Erde gefallen sind. Vermutlich erreichte die Evolution des Lebens auf dem Phaethon seine höchsten Formen: Dort bestand eine Zivilisation, die unserer, technisch gesehen, weit voraus war. Die Erde machte zu jener Zeit eine Entwicklung durch, die als Kreideformation bezeichnet wird. Auf unserem Planeten gab es damals gigantische Reptilien und üppige Farnkrautwälder.

Die Bewohner des Planeten Phaethon beherrschten das Geheimnis der thermonu-

klaren Energie. Die soziale Unvollkommenheit der Gesellschaft hatte jedoch verhängnisvolle Folgen. In einem unglückseligen Augenblick erschütterte eine unterirdische thermonukleare Explosion von ungeheurer Stärke den Planeten Phaethon, die ihn aufspaltete. Sein größerer Teil erhielt einen starken Geschwindigkeitsimpuls und flog ins äußere All am Planeten Jupiter vorbei und bewirkte dabei bei seinen äußeren natürlichen Trabanten die entgegengesetzte Flugrichtung. Beim Saturn änderte ein Trabant ebenfalls seine Flugrichtung, ein anderer wurde infolge der gegenseitigen Anziehung von Phaethon und Saturn auseinandergerissen. Im Ergebnis bildeten sich die berühmten Saturn-Ringe. Der Phaethonrest flog dicht am Uranus vorbei, wobei ein Stück seiner Masse auf den Uranus fiel. Der Aufprall dieses Bruchstücks war so heftig, daß sich die Rotationsachse des Uranus änderte. Heute scheint er zum Unterschied von den anderen Planeten des Sonnensystems gleichsam auf der Seite zu liegen, weil die Rotationsachse praktisch in der Planetenbahnebene liegt. Der Neptun war das nächste und letzte „Opfer“ der Explosion. Er änderte seine Bahn geringfügig, und auch einer seiner Trabanten schlug eine andere Flugrichtung ein.

Schließlich versiegte die kinetische Energie des Phaethon gegenüber der Gravitationskraft der Planeten und der Sonne, und er erreichte seine jetzige Bahn. Heute heißt der Phaethon Pluto. Alles, was wir heute über den Pluto wissen, läßt sich mühelos mit dieser Version in Einklang bringen. Seine Masse (0,8 der Erdmasse), seine Albedo (Rückstrahlungsvermögen) von 6 Prozent, seine Bahn (die in den Bahnkreis des Neptun hineinreicht und eine starke Neigung zur Ekliptik aufweist), die fehlende Atmosphäre und sein hohes spezifisches Gewicht ähneln sogar nicht den entsprechenden Eigenschaften der äußeren Planeten – der Gasgiganten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

Bei der Explosion zerfiel der kleinere Teil des Phaethon in winzige Splitter (bis zu Staub). Auf diese Weise entstanden Meteorströme und Asteroide, die noch heute den Jupiter, den Mars, den Mond und die Erde bombardieren.

Die Folgen der Katastrophe zogen nicht nur die äußeren Planeten in Mitleidenschaft. Auf unserer Erde änderten sich schlagartig die Klimaverhältnisse, was zum Untergang der gigantischen Reptilien und anderer Vertreter der Tierwelt führte. All das wird durch paläontologische Untersuchungen bekräftigt.

Das geschah vor 75 Millionen Jahren. Darauf lassen Meteorite schließen, die auf die Erde gefallen und unmittelbare Teilnehmer der Katastrophe gewesen sind. Die Meteorite „berichteten“ auch über das mögliche Alter des explodierten Planeten.

Natürlich kann sich die Katastrophe auch aus anderen, rein kosmischen Gründen, ereignet haben. Vielleicht war auch irgendein fremder kosmischer Körper in das Sonnensystem eingedrungen, oder umgekehrt war unser Sonnensystem in seiner Bewegung durch die Galaxis irgendeinem Körper begegnet, der sich unter einem bestimmten Winkel zur Ekliptikebene bewegte und den Phaethon rammte. Alles Übrige muß sich dann so wie soeben geschildert abgespielt haben. Aber auch die auf den ersten Blick direkt utopisch anmutende Version vom Untergang des Planeten Phaethon infolge sozialer Konflikte ist nicht von der Hand zu weisen.

Heute sind auf der Erde so ungeheuer viel nukleare und thermonukleare Waffen angehäuft worden, daß sie vollauf ausreichen würden, um unseren Planeten in die Luft zu sprengen.

Die immensen Ausgaben der Imperialisten für militärische kosmische Systeme und deren Sprengkraft sind ein unbestreitbares und eindeutiges Zeugnis dafür, daß eine tödliche Gefahr über die irdische Zivilisation heraufzieht. Die Militarisierung des Weltraums wäre ein Damoklesschwert, das über den Köpfen der Menschen schweben wird. Denn sein Einsatz hängt von den beabsichtigten oder unbeabsichtigten Handlungen derjenigen ab, die dem Eroberungswahn verfallen sind. Sie möchten ihren Finger auf den Knopf legen, dessen gewollte oder auch ungewollte Betätigung den Untergang unseres Planeten bedeuten muß.

Was erwartet nun die künftigen Generationen? Ein Krieg der Sterne oder ein

friedlicher Kosmos, der Frieden, ohne den die Weiterentwicklung und Vervollkommnung der Zivilisation unmöglich ist? Diese Frage wird in unseren Tagen entschieden. Der Kosmos muß den Bedürfnissen der Erde und dem Wohl der Menschheit dienen. Diesen Kurs steuern die Sowjetunion, ihre Wissenschaftler und ihr Volk. Diesen Kurs unterstützen alle fortschrittlichen und vernünftigen Menschen der Erde.

Die Zukunft unseres Planeten liegt in den Händen der Menschen. Die Erde kann und muß zum Ausgangspunkt der Zivilisation auf den Planeten des Sonnensystems werden. Den künftigen Generationen müssen und werden kosmische Städte gehören, die vom Genius des Menschen erschaffen sind.

„Obwohl die Menschen heute schwach sind, nehmen sie eine Umgestaltung der Erdoberfläche vor. Nach Millionen Jahren werden sie so machtvoll sein, daß sie die Oberfläche der Erde, die Ozeane, die Atmosphäre und die Pflanzen sowie sich selbst völlig verändern können. Die Menschen werden das Klima beeinflussen und im Bereich des Sonnensystems wie auf ihrem Planeten Erde die Herren sein“, meinte Konstantin Ziolkowski. Möglicherweise reicht dafür eine viel kürzere Zeit als Millionen Jahre aus. Der Mensch stieg um der Erde willen in den Kosmos auf. Die Erde und ihre Vernunft bezwingen den Kosmos, damit die Menschheit ewig lebt.

ANHANG

Schema der Beurteilung der relativen Wichtigkeit von Aufgaben auf dem Gebiet der Landwirtschaft

Anlage I

Aufgabe	Kriterien			
	Beitrag zur Wissenschaft	Beitrag zur materiellen Produktion	Beitrag zum Umweltschutz	Effektivität kosmischer Systeme im Vergleich zu traditionellen Mitteln
1. Bestandsaufnahme von Boden- und Pflanzenressourcen				
1.1. Zusammenstellung von geobotanischen und Bodenkarten				
1.2. Bestandsaufnahme und Bewertung von Heuschrägen und Weideland				

Aufgabe	Kriterien			
	Beitrag zur Wissenschaft	Beitrag zur materiellen Produktion	Beitrag zum Umweltschutz	Effektivität kosmischer Systeme im Vergleich zu traditionellen Mitteln
1.3. Landwirtschaftliche Bodengliederung				
1.4. Bestandsaufnahme verschiedener Typen der Bodennutzung				
1.5. Bestandsaufnahme des meliorierten Bodens				
1.6. Wirtschaftliche Beurteilung der Böden				

Technische Daten des Fotoapparats KATE 140

Anlage II

Lfd. Nr.	Bezeichnung
1. Objektiv	„Russar 43“
2. Bildformat	180 mm × 180 mm
3. Brennweite des Objektivs	140 mm
4. Maximale relative Öffnung	1 : 6,8
5. Einstellung der Irisblende	1 : 6,8; 1 : 11; 1 : 16
6. Bildwinkel des Objektivs	85°
7. Bildfeldwinkel	65° 30'

Lfd. Nr.	Bezeichnung
8. Auflösungsvermögen der Linien/mm	
in der Bildmitte	40
am Bildrand	25
9. Fotogrammetrische Distorsion	0,02 mm
10. Verschlusstyp	Zentralverschluß

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Lfd. Nr.	Bezeichnung
11. Effektive Belichtungszeit, sec	1/100, 1/150, 1/200, 1/250	bei Filmstärke 0,16 mm	300
12. Aufnahmefilter	konstant, ShS-18	bei Filmstärke 0,08 mm	600
13. Film (unperforiert)	190 mm.	15. Filmglättungsverfahren	Vakuumverfahren
14. Bildzahl einer Kassetteneinfüllung:			ren

Technische Daten der Multispektralkamera MKF 6M

Anzahl der Kanäle	6	Bereich der Änderung der Kompensationsgeschwindigkeit (mit einer Diskretheit von 0,2), Grad/sec	von 16,8 bis 39,8
Spektralbereiche, nm	460-500, 520-560, 580-620, 640-680, 700-740, 780-860	Anzahl der Kassetten, St.	6
Objektivbrennweite, mm	125	Filmbreite, mm	70
Lageabweichung von der Parallelität der optischen Achsen der Objektive einer Fotokamera (Winkelsekunden)	10	Filmlänge in jedem Kanal: bei Filmstärke 0,18 mm, m	120
Blendenbereich	von 1:4 bis 1:13,5	bei Filmstärke 0,09 mm, m	240
Bildformat, mm ²	56 × 81	Bildanzahl bei einer Kanaleinfüllung: bei Filmstärke 0,18 mm	1250
Bildfeldwinkel: über die Bilddiagonale	40° 44'	bei Filmstärke 0,09 mm	2500
über die (große bzw. kleine) Bildseite	35° 54', 25° 14'	Längsüberdeckung, %	20, 60, 80
Auflösungsvermögen des Systems „Objektiv-Film“: in der Bildmitte, Linien/mm	150	Breite des erfaßten Geländestreifens, km	0,64 × Flughöhe
am Bildrand, Linien/mm	80-120	Gewichtsdaten der Kamera: Fotokamera, kg	73
Bereiche der Belichtungszeiten, ms	von 7 bis 56	Kassetten (ohne Film), kg	11,5 × 6
		Elektronikblock, kg	13
		Steuerpult, kg	7

Technische Daten der Handkameras

Typ der Kamera	Mittelformatkamera „Pentacon six M“	halbautomatische Kleinbildkamera „Praktica EE2“	Typ der Kamera	Mittelformatkamera „Pentacon six M“	halbautomatische Kleinbildkamera „Praktica EE2“
Bildformat, mm ²	56 × 56	24 × 36	Größe des erfaßten Aufnahmegebiets (bei Senkrechtaufnahmen aus 350 km Höhe), km ²	430 × 430	120 × 120 310 × 460 65 × 95 45 × 65
Typ des auswechselbaren Objektivs	Elektrogon	Sonnar Pentacon	Gesamtgewicht, kg	2,0	2,6 0,8 1,1 1,2
Brennweite, mm	50	180			
Bildfeldwinkel (über die Bildseite), Grad	62	19			
		65			
		15			
		10			

Vergleichbare Daten verschiedener Beobachtungssysteme

Anlage V

System	Auge des Menschen	Fotokamera	Fernsehen
Spektrale Auflösung, nm	2-4	40-100 (infrarot)	100-150
Minimalwert der Kontraste, bei denen Einzelheiten aus dem Kosmos zu unterscheiden sind, %	4	30	50

System	Auge des Menschen	Fotokamera	Fernsehen
Minimalwert der Einstrahlung des Beobachtungsobjekts durch die Sonne, lx	10^{-2} -1	10-15	30-40
Minimal erforderliche Winkel des Sonnenstandes über dem Horizont, Grad	0-5	10-15	20-35

Spektralgeräte für die optische Untersuchung der natürlichen Umwelt von Bord der Sojus-Raumschiffe und der Salut-Raumstationen

Anlage VI

Typ des Geräts	RSS 1	RSS 2	RSS 2M	RSS 3	MSS 2	Spektr 15
Spektralbereich	400-680 nm	400-700 nm	400-695 nm	400-700 nm	400-800 nm	15 Kanäle im sichtbaren und im nahen Infrarotbereich
Spektrale Auflösung	5 nm	5 nm	4,3 nm	5 nm	8 nm	
Blickfeldwinkel	$4^{\circ} 42' \times 9^{\circ}$	$2,5^{\circ} \times 0,13^{\circ}$	$2,7^{\circ} \times 0,008^{\circ}$		$7^{\circ} \times 1,5^{\circ}$	
Räumliche Auflösung des Spektrographenkanals (Spektrometers)	$2' \times 9'$	$5' \times 2'$	$5' \times 2'$	$1' \times 2'$	$7^{\circ} \times 1,5^{\circ}$	
Zeit der Aufzeichnung eines Spektrums	1:10 sec	1:30 sec	1:4 sec 1:30 sec 1:500 sec	1:4 sec 1:30 sec 1:500 sec	0, 4 sec	
Dispersionselement	Diffractions-gitter = 600 $\frac{\text{Striche}}{\text{mm}}$	Diffractions-gitter = 600 $\frac{\text{Striche}}{\text{mm}}$	Diffractions-gitter = 600 $\frac{\text{Striche}}{\text{mm}}$	Diffractions-gitter = 600 $\frac{\text{Striche}}{\text{mm}}$	Diffractions-gitter = 600 $\frac{\text{Striche}}{\text{mm}}$	Holographisches Gitter
Strahlungsempfänger	Fotofilm	Fotofilm	Fotofilm	Fotofilm	Fotoelektronenvervielfacher FEV 62	Lineare Diskretheitsstruktur von Halbleiterdetektoren bei Ladungsspeicherung

Hauptaufgaben bei der Untersuchung der Naturressourcen der UdSSR mit Hilfe der Raumfahrttechnik

Anlage VII

Volkswirtschafts- zweig	Aufgaben	Geräte zur Fernerkundung der Erde	Wellenbereich
Geologie	1.1. Studium von Gesetzmäßigkeiten der geologischen Struktur der Erdkruste	Fotoapparatur (FA) Fernsehen (TV) Radarstationen (RS) UHF-Radiometer IR-Thermograph (Infrarot)	$0,4 \div 1,1 \mu\text{m}$ $0,4 \div 1,1 \mu\text{m}$ $10 \div 100 \text{ cm}$ $10 \div 60 \text{ cm}$ $8 \div 12 \mu\text{m}$
	1.2. Thematische geologische Gliederung	FA UHF-Radiometer RS	$0,4 \div 0,8 \mu\text{m}$ $10 \div 60 \text{ cm}$ $10 \div 100 \text{ cm}$
	1.3. Zusammenstellung und Erneuerung von thematischen Karten mit kleinen Maßstäben (weniger als 1:1 000 000), von Karten mittleren Maßstabs (1:1 000 000 \div 1:10 000 000) und Karten mit großen Maßstäben	FA IR-Thermograph UHF-Radiometer RS	$0,4 \div 0,8 \mu\text{m}$ $8 \div 12 \mu\text{m}$ $10 \div 60 \text{ cm}$ $10 \div 100 \text{ cm}$
	1.4. Geologische Untersuchung des Schelfflachwassers	FA UHF-Radiometer Laserortungsgerät (Lidar)	$0,4 \div 0,65 \mu\text{m}$ $2 \div 4 \text{ cm}$ $0,4 \div 0,6 \mu\text{m}$
	1.5. Mineralogische Prognoseanalyse des geologischen Aufbaus von Territorien auf der Grundlage von Kartensätzen, darunter von geologischen Kosmosfotokarten, für die Erkundung von Bodenschätzen	FA UHF-Radiometer RS IR-Thermograph	$0,4 \div 0,8 \mu\text{m}$ $10 \div 60 \text{ cm}$ $10 \div 100 \text{ cm}$ $8 \div 12 \mu\text{m}$
	1.6. Beurteilung geologischer Bedingungen für Bauarbeiten. Prognostizierung der Änderung dieser Bedingungen infolge der wirtschaftlichen Erschließung auf der Grundlage von geologischen und kosmofotogeologischen Karten	FA IR-Thermograph UHF-Radiometer	$0,4 \div 0,8 \mu\text{m}$ $8 \div 12 \mu\text{m}$ $2 \div 4 \text{ cm}$
	1.7. Planung geologischer Aufnahmen und geologischer Erkundungsarbeiten	FA TV	$0,4 \div 0,8 \mu\text{m}$ $0,4 \div 0,8 \mu\text{m}$
Erdölindustrie	1.1. Erarbeitung theoretischer Fragen zur Entwicklung der Erdkruste, der Erdöl- und Erdgasgeologie. Studium räumlicher Gesetzmäßigkeiten bei der Verteilung größter Strukturformen, Bruchstörungen und neotektonischer Elemente. Wissenschaftliche Begründung besonders aussichtsreicher Richtungen bei der Suche nach Erdöl und Erdgas	FA TV RS IR-Spektrometer UHF-Radiometer	$0,4 \div 1,1 \mu\text{m}$ $0,4 \div 1,1 \mu\text{m}$ $10 \div 100 \text{ cm}$ $8 \div 12 \mu\text{m}$ $10 \div 60 \text{ cm}$
	1.2. Zusammenstellung und Erneuerung von Karten mit kleinen, mittleren Maßstäben und sonstiger Karten der Erdölgeologie	FA IR-Thermograph UHF-Radiometer RS	$0,4 \div 0,8 \mu\text{m}$ $8 \div 12 \mu\text{m}$ $10 \div 60 \text{ cm}$ $10 \div 100 \text{ cm}$
	1.3. Präzisierung der Grenzen erdöl- und erdgasführender Regionen, wichtigster geologischer	FA TV	$0,4 \div 1,1 \mu\text{m}$ $0,4 \div 1,1 \mu\text{m}$

Strukturelemente, Brüche und Zonen der Erdölansammlung

1.4. Studium der Tektonik, der Neotektonik und der neuesten Aktivität von Strukturformen in erdöl- und erdgasführenden Gebieten	FA TV	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm
1.5. Ermittlung landschaftlicher Anomalien, die auf Bruchstörungen, Hebungszone und größere lokale Strukturen hinweisen	FA RS	0,4 ÷ 1,1 µm 10 ÷ 100 cm 1 ÷ 10 m
1.1. Studium von Prozessen der Wechselwirkung zwischen Weltmeer und Atmosphäre. Untersuchung von größeren Strömungen, Wirbelbildungen und Gesetzmäßigkeiten der Entstehung, Evolution und Transformation synoptischer Wirbel	IR-Thermograph UHF-Radiometer	8 ÷ 10 µm 7,5 cm; 11 cm
1.2. Studium physikalischer Eigenschaften der Weltmeerstörungsschicht (Temperatur, Salzgehalt, Farbe usw.)	IR-Thermograph UHF-Radiometer FA	10,5 ÷ 12,5 µm 7,5 cm; 10 ÷ 20 cm 0,4 ÷ 0,9 µm
1.3. Untersuchung von thermischen Anomalien und Frontalzonen	IR-Thermograph UHF-Radiometer	10,5 ÷ 12,5 µm 7,5 cm, 11 cm, 30 cm
1.4. Untersuchung von Gebieten des Tiefwasser-auftriebs	IR-Thermograph	8 ÷ 12 µm
1.5. Gliederung des Weltmeeres nach einem Komplex physikalischer Eigenschaften zwecks Ermittlung von Fischfanggebieten	TV IR-Spektrometer UHF-Radiometer	0,4 ÷ 1,1 µm 8 ÷ 12 µm 5 ÷ 15 cm
1.6. Studium der Migration von Fischschwärmen	TV IR-Spektrometer IR-Thermograph UHF-Radiometer	0,4 ÷ 1,1 µm 8 ÷ 12 µm 8 ÷ 12 µm 0,8 cm; 5 ÷ 15 cm
1.7. Untersuchung der Verschmutzung der Wasseroberfläche durch Erdölprodukte, Überwachung der Weltmeerverschmutzung	TV IR-Thermograph UHF-Radiometer RS	0,4 ÷ 1,1 µm 3,5 ÷ 4,1 µm 6,4 ÷ 6,9 µm 10,5 ÷ 12,5 µm 0,8 cm; 3,5 cm 1 ÷ 3 cm (Kontrastmethode)
1.1. Regionale landwirtschaftliche Gliederung. Studium der Bodenfondsstruktur. Gliederung des Bodenfonds	FA TV RS	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm 3 ÷ 10 cm; 30 ÷ 70 cm
1.2. Bestandsaufnahme des Kulturlandes. Kartierung der Bodennutzung	FA TV RS IR-Thermograph	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm 3 ÷ 10 cm 8 ÷ 12 µm
1.3. Kartierung landwirtschaftlicher Nutzflächen. Erneuerung von Karten. Registrierung der Versalzung, Erosion und Versumpfung des Bodens. Inventarisierung geschädigter Bodenflächen	FA TV IR-Thermograph	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm 8 ÷ 12 µm
1.4. Geobotanische Kartierung von Weideflächen. Erneuerung von Karten. Vergleichende Einschätzung der Produktivität von Weiden.	FA TV RS	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm 3 ÷ 10 cm

Studium der Zusammensetzung der Weide-
vegetation

30 ÷ 70 cm
(unter Berücksichti-
gung der Polarisation)

	1.5. Planung der agrochemischen Betreuung der Landwirtschaft	RS IR-Thermograph	3 ÷ 10 cm; 30 ÷ 70 cm 8 ÷ 12 µm
	1.6. Kontrolle und Prognostizierung des Aufkommens von Pflanzenschädlingen und -krankheiten (darunter für den Obst- und Weinbau)	TV RS IR-Thermograph	0,4 ÷ 1,1 µm 3 ÷ 10 cm 8 ÷ 12 µm
	1.7. Kontrolle der landwirtschaftlichen Arbeiten	TV RS IR-Thermograph	0,4 ÷ 1,1 µm 3 ÷ 10 cm 8 ÷ 12 µm
	1.8. Erntevorhersage	TV RS IR-Thermograph	0,4 ÷ 1,1 µm 1 ÷ 3 cm; 10 ÷ 70 cm 8 ÷ 12 µm
	1.9. Untersuchung der komplexen Nutzung des Bodenfonds in der Zukunft. Begründung wirtschaftlicher Pläne zur Entwicklung und Nutzung des Bodens in der Landwirtschaft	FA TV RS UHF-Radiometer IR-Thermograph	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm 3 ÷ 10 cm; 30 ÷ 70 cm 2 ÷ 4 cm 8 ÷ 12 µm
Forstwirtschaft	1.1. Regionale Gliederung der Wälder	FA TV	0,4 ÷ 0,9 µm 0,4 ÷ 0,9 µm
	1.2. Thematische Mehrzweckkartierung von Wäldern (Maßstab 1:200 000 bis 1:10 000 000)	FA TV	0,4 ÷ 0,9 µm 0,4 ÷ 0,9 µm
	1.3. Erfassung der Waldressourcen	FA TV	0,4 ÷ 0,9 µm 0,4 ÷ 0,9 µm
	1.4. Forsteinrichtung und deren Überwachung	FA	0,4 ÷ 1,1 µm
	1.5. Kontrolle über den Zustand der Wälder. Untersuchung des phytosanitären Zustandes und der Brandgefährdung der Wälder. Registrierung größerer Waldbrände und Herde von Baumerkrankungen	FA TV UHF-Radiometer IR-Thermograph	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm 10 ÷ 30 cm 8 ÷ 12 µm
	1.6. Studium der Dynamik der Wälder	FA TV	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm
Wasserwirtschaft und Melioration	1.1. Regionale Wasserwirtschafts-, Boden- und Meliorationsgliederung	FA RS	0,7 ÷ 0,9 µm 1 ÷ 10 m
	1.2. Studium von Gesetzmäßigkeiten des Oberflächenabflusses. Ermittlung seiner Parameter. Regionale hydrologische Gliederung. Bestandsaufnahme der Wasserressourcen	FA RS TV IR-Thermograph UHF-Radiometer	0,4 ÷ 1,1 µm 1 ÷ 10 cm (Kontrast-Polarisationsmethode) 0,4 ÷ 1,1 µm 3 ÷ 4 µm; 8 ÷ 13 µm 0,6 ÷ 3 cm; 3 ÷ 10 cm
	1.3. Untersuchung des Meliorationszustandes des Bodens in den wichtigsten Gebieten der Bewässerung und der Trockenlegung	TV RS UHF-Radiometer IR-Spektrometer	0,4 ÷ 1,1 µm 1 ÷ 3 cm; 10 ÷ 70 cm 2 ÷ 4 cm; 10 ÷ 30 cm 8 ÷ 12 µm
	1.4. Erkundung unterirdischer Wasserlinsen zur landwirtschaftlichen Nutzung	IR-Thermograph UHF-Radiometer RS	8 ÷ 12 µm 10 ÷ 60 cm 1 ÷ 10 m

	1.5. Ermittlung der bewässerten Flächen und der Wasserressourcen des Bodens. Überwachung der Bewässerungsverhältnisse	TV RS UHF-Radiometer IR-Spektrometer	0,4 ÷ 1,1 µm 1 ÷ 10 cm 2 ÷ 4 cm; 10 ÷ 30 cm 8 ÷ 12 µm
	1.6. Untersuchung der Struktur der Bewässerungsflächen und des Zustandes der landwirtschaftlichen Kulturen auf meliorierten Böden	FA TV	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm
	1.7. Analyse von Flußbett- und Erosionsprozessen sowie der Erosionsentwicklung auf meliorierten Böden zwecks Gegenerosionsmaßnahmen	FA TV RS UHF-Radiometer IR-Thermograph	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm 1 ÷ 10 cm 2 ÷ 4 cm 8 ÷ 12 µm
	1.8. Kontrolle über den Zustand von Meliorationsobjekten und Wasserbauanlagen. Beurteilung über den Grad der Zerstörung hydrotechnischer Anlagen bei Havarien und Naturkatastrophen	FA TV	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm
	1.9. Studium von Flußbett- und Uferprozessen bei größeren Flüssen und Stauseen. Studium des Einflusses von Irrigationssystemen auf die anliegenden Gebiete	FA TV RS IR-Thermograph	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 0,7 µm 10 cm 3 ÷ 4 cm; 8 ÷ 12 µm
	1.10. Analyse des Verlandens und der Verschmutzung von Binnengewässern und Stauseen	FA TV UHF-Radiometer RS	0,4 ÷ 0,7 µm 0,4 ÷ 0,7 µm 0,6 ÷ 3 cm 1 ÷ 10 cm
Bauwesen	1.1. Beurteilung geologischer Bedingungen für Bauarbeiten im Rahmen der Standortverteilung von zivilen und Industrieobjekten	FA TV RS IR-Thermograph	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm 1 ÷ 10 m 8 ÷ 12 µm
	1.2. Geomorphologische Strukturanalyse zur Ermittlung aktiver Brüche und zum Studium tektonischer Bewegungen	FA TV RS IR-Thermograph IR-Spektrometer	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm 2 ÷ 4 cm 8 ÷ 12 µm 8 ÷ 12 µm
	1.3. Seismisch-tektonische Gliederung	FA TV	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm
	1.4. Einschätzung der Erdrutsch-, Lawinen-, Muren- und Aufeisgefahr	FA TV IR-Spektrometer RS	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm 8 ÷ 12 µm 3 cm, 10 ÷ 70 cm
	1.5. Beurteilung von Transportmöglichkeiten in den zu erschließenden Gebieten	FA TV	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm
	1.6. Prognostizierung der Änderung geologischer Bedingungen für vorzunehmende Bauarbeiten infolge technogener Störungen bei vorangegangenen Bauarbeiten	FA TV	0,4 ÷ 1,1 µm 0,4 ÷ 1,1 µm

PERSONENVERZEICHNIS

Alexandrow, A. P. 71
Artjuchin, J. P. 36
Atkow, O. J. 14, 72
Axjonow, W. V. 57

Beljajew, P. I. 21, 25, 26
Beregowoi, G. T. 31
Beresowoi, A. N. 30, 69, 70, 71, 85
Brand, V. 42
Bykowski, V. F. 21, 23, 24, 26, 51

Chretien, J.-L. 68, 70
Chrunow, J. W. 21, 30

Dobrowolski, G. T. 33
Dshanibekow, W. A. 28, 68, 70, 73

Farkas, B. 26
Feoktistow, K. P. 24

Gagarin, J. A. 6, 13, 14, 21, 75
Germaszewski, M. 24
Glaskow, J. N. 43
Gorbatko, V. W. 21, 27, 43
Gretschko, G. M. 37, 50, 56, 58, 60, 64, 84
Gubarew, A. A. 37
Gurragtschi, Sh. 28

Iwantschenkow, A. S. 56, 63, 65, 66, 68, 70, 76, 77, 84/85, 95

Jähn, S. 24, 26
Jegorow, B. B. 24
Jelissejew, A. S. 30

Kisim, L. D. 14, 26, 72
Klimuk, P. I. 34, 35, 38, 43, 139
Komarow, W. M. 21, 24
Koroljow, S. P. 12, 13, 15, 22, 25
Kowaljonok, W. W. 28, 53, 56, 57, 63, 65, 76, 77, 81, 84, 95, 99, 125, 148
Kubassow, V. N. 26, 42, 139

Lasarew, W. G. 35

Lebedew, V. V. 36, 69, 70, 71
Leonow, A. A. 21, 25, 26, 42
Ljachow, W. A. 56, 71

Makarow, O. G. 35
Malyschew, J. W. 72
Mendez, A. T. 27
Merzbacher, G. 110
Milanowski, J. J. 43

Nikolajew, A. G. 21, 23, 31

Pazajew, V. I. 33
Popow, L. I. 26, 56, 68, 70, 94
Popowitsch, P. R. 8, 21, 23, 36

Remek, V. 24
Rjumin, V. V. 26, 56, 68, 70, 85, 94
Romanenko, J. V. 27, 50, 56, 58, 60, 64, 84

Sawinych, V. P. 28, 57
Sawizkaja, S. J. 70, 73
Schatalow, W. A. 30
Schonin, G. S. 21
Serebrow, A. A. 70
Sewastjanow, V. J. 31, 34, 38, 43, 139
Sharma, R. 27, 28, 72, 74, 97
Sholobow, V. M. 43, 50, 141
Slayton, D. 42, 43
Solowjow, W. A. 14, 26, 72
Stafford, Th. 42, 43
Strekalow, G. M. 72

Tereschkowa, W. W. 23, 24, 70
Titow, G. S. 7, 21, 23
Tuan, Ph. 27

Wernadski, W. I. 13, 81
Wolk, I. P. 73
Wolkow, W. N. 33
Wolynow, B. V. 21, 30, 43, 50, 141

Ziolkowski, K. E. 6, 10, 11, 12, 14, 15, 22, 42

SACHREGISTER

- Anthropogene Landschaft 164
- Atmosphärische Erscheinungen 26
- Automatische Raumflugkörper
 - Aureole 18, 19
 - Dritter künstlicher Erdsatellit 15
 - Ekran 18
 - Elektron 18
 - Erster künstlicher Erdsatellit 13, 21
 - Französischer technologischer Satellit MAS 18
 - Horizont 18
 - Kosmos 226 18
 - Kosmos 1000 19
 - Kosmos 1383 19
 - Kosmos 1443 71
 - Kosmos 1500 75
 - Künstliche Erdsatelliten der Serie „Interkosmos“ 18
 - Künstliche Erdsatelliten der Serie „Proton“ 18
 - Luna 16 19
 - Luna 20 19
 - Luna 24 19
 - Mars 18, 19
 - Meteor 18, 31, 217
 - Molnija 1 18
 - Molnija 2 18
 - Molnija 3 18
 - Mondfahrzeug „Lunochod“ 18
 - Nachrichtensatellitensystem „Intersputnik“ 18
 - Prognos 18, 19
 - Progress 56
 - Raduga 18, 19, 51
 - Rakete vom Typ Vertikale 18
 - Raketensonden 15/16
 - Satelliten 15/16
 - Vega 18, 21
 - Venus 18
 - Venus 12 19
 - Zweiter künstlicher Erdsatellit 13
- Bemannte Raumschiffe
 - Wostok 21, 22
 - Wostok 2 23
 - Wostok 5 24
 - Wostok 6 24
 - Woßchod 24
 - Woßchod 2 24
 - Sojus 35
 - Sojus 1 30
 - Sojus 3 30
 - Sojus 4 30
 - Sojus 5 30
 - Sojus 6 31
 - Sojus 7 31
 - Sojus 8 31
 - Sojus 9 31
 - Sojus 11 33
 - Sojus 12 35
 - Sojus 13 36
 - Sojus 14 36
 - Sojus 17 37
 - Sojus 18 37
 - Sojus 19 42
 - Sojus 20 43
 - Sojus 22 51, 53
 - Sojus 27 18, 58
 - Sojus T 56
 - Sojus T 5 69
 - Sojus T 6 70
 - Sojus T 7 70
 - Sojus T 9 71
 - Sojus T 10 72
 - Sojus T 11 72
 - Sojus T 12 73
- Erdogene Prozesse 36
- Exogene Prozesse 36
- Experimente im Weltraum
 - „Antias“ 24
 - „Arcade“ 19
 - „Balkan“ 24
 - „Biosphäre“ 24
 - „Biosphäre B“ 24
 - „Biosphäre K“ 24, 27
 - „Biosphäre Mon“ 24, 28
 - „Biosphäre R“ 24
 - „Biosphäre U“ 24
 - „Biosphäre V“ 24, 27
 - „Calypso“ 19
 - „Colomb“ 18
 - „Drift“ 27
 - „Erdem“ 24, 28
 - „Erdölfilm“ 27
 - „Zwet 1“ 98
 - „Gynesch“ 75
 - „Hangai“ 28

- „Hubsugul“ 28
- „Hyperbasit“ 27
- „Kyulong“ 24
- „MKF 6M“ 24
- „Massiv Escambray“ 27
- „Naturressourcen“ 24
- „Oreon“ 28
- „Orkan“ 27
- „Ozeanfarbe“ 27
- „Pannonia“ 24
- „Pinar“ 27
- „Planetarstruktur“ 27
- „Polarthermosphäre“ 18
- „Pyramy“ 19
- „Salzdome“ 27
- „Chelf“ 27
- „Schwarzes Meer“ 75
- „Solongo“ 24
- „Stereo“ 19
- „Synchron“ 24
- „Tenger“ 28
- „Terra“ 28
 - „Terra 1“ 28
 - „Terra 2“ 28
 - „Terra 3“ 28
 - „Terra 4“ 28
- „Tropico 3“ 24
- „Verborgene Brüche“ 27
- „Weideplätze“ 28
- „Wellen“ 27

Fernerkundung der Erde

- Atmosphäre 11/12, 69, 70, 74, 76, 77, 79
- Bergregionen 60
- Bewölkung 68, 69, 70, 74, 86
- Biosphäre 11
- Böden 166–168, 177–179, 180, 182–185, 187/88, 190, 192
- Eisverhältnisse auf hoher See 99
- Gebirgslandschaften 148, 150
- Geologische Brüche 26, 31, 37, 43
- Glaziosphäre 104, 106
- Gletscher 43
- Hydrographisches Netz 169/70, 171, 176, 179/80, 182, 187/88, 190, 191, 194/95, 196–199, 202
- Ionosphäre 12, 13, 31
- Lithosphäre 11
- Meeresgrundrelief 103
- Ringstrukturen 26, 53
- Schnee-Eis-Gebilde 103, 106–135, 138/39
- Seeströmungen 86–98
- Vulkanische Gebiete 26, 60, 62, 64, 65
- Waldbrände 27, 215, 216, 217
- Wälder 199, 202/03, 204/05, 207, 209–211, 213, 214, 216, 217
- Weltmeer 45, 65

- Zyklone 76/77, 79, 94/95
- Geologie 30
- Geomorphologie 36
- Geosynklinalen 36
- Internationale Raumfahrtprogramme
 - „Atmosphäre“ 19
 - „Biosphäre“ 57
 - „Dynamik“ 19
 - „Große Chorda“ 19
 - „Interkosmos“ 18, 19, 24, 26
 - „Intersputnik“ 13
 - „Isatex“ 19
 - „Terra“ 72

Interpretation kosmischer Aufnahmen

- Baikal-Riftsystem 43, 46
- Berge Kirgisiens 52
- Erdölführendes Gebiet Surgut 60
- Gibraltar-Rift 50
- Indischer Subkontinent 46
- Kap der Guten Hoffnung 60
- Kaukasus 34
- Kopetdag 52
- Küste Namibias 53
- Lopnorsenke 52, 53
- Ostküste der Halbinsel Kamtschatka 64
- Patagonische Anden 50
- Persischer Golf 52, 60
- Riftsenke Bargusin 46
- Riftsenke Ober-Angara 46
- Ringstruktur Konder (UdSSR) 53
- Rotes Meer 50
- Schwarzmeerküste 37
- Sewanbruch 43, 46
- Uralgebirge 34
- Vansee 62

Komplexe Kartierung der Naturressourcen 221–223, 225, 227, 236, 237

- Bodenbestandskarte 244/45
- Geologische Strukturkarte 240–242, 244/45, 251
- Hydrologische Karte 195/96
- Karte anthropogener Störungen 253
- Karte der Böden 247/48
- Karte der Futterressourcen 248
- Karte der landschaftlichen Gliederung 251
- Karte der Wasserressourcen 250, 251
- Karte zum Schutz und zur rationellen Nutzung der Naturressourcen 253
- Waldbestandskarte 248–250
- Kosmische Geologie 30, 37, 43
- Kosmisches Monitoring der natürlichen Umwelt 264
- Kosmische Naturerkundung 7, 10, 14, 19–26
- Landschaftliche Gliederung 156, 158–161, 163, 164
- Lineamente 37
- Lithosphärenplatten 36/37

Magnetosphäre 11, 12, 13

Methoden kosmischer Untersuchungen

Fernerkundung 15/16, 19, 21, 26, 37, 166

Gezieltes Fotografieren mit tragbaren Kameras 19

Visuelle Beobachtungen 43, 56, 58, 69

Visuell-monumentale Methoden 8, 19, 56, 57, 84, 137

Mittel der Fernerkundung

Elektronische Fernsehkameras 116

Fotoapparate KATE 140, 19, 28

Fotoapparate MKF 6M 19, 24, 28, 51, 53

Fotokameras für einen Spektralbereich 90

Optisch-mechanische Fernsehkameras 116

Optische Visiervorrichtung 43

Radiometer 118–128

Radiotechnische Mittel 118–128

Spektrometer „Spektr 15“ 19, 24

Spektrometrische Aufnahmen 128

Thermographen 117

Orbitalstationen

Salut 2 35

Salut 3 36, 121

Salut 4 34, 37, 121

Salut 5 43, 50, 121, 196

Salut 6 52, 53, 56

Salut 7 26, 69, 71, 270

Raumfahrt 10

Sonne-Erde-Beziehungen 12/13

Sonnenwind 12

Strahlungsgürtel der Erde 11, 12/13

Umweltverschmutzung

Atmosphäre 26, 252, 253, 264

Kontinentalgewässer 258, 259, 260

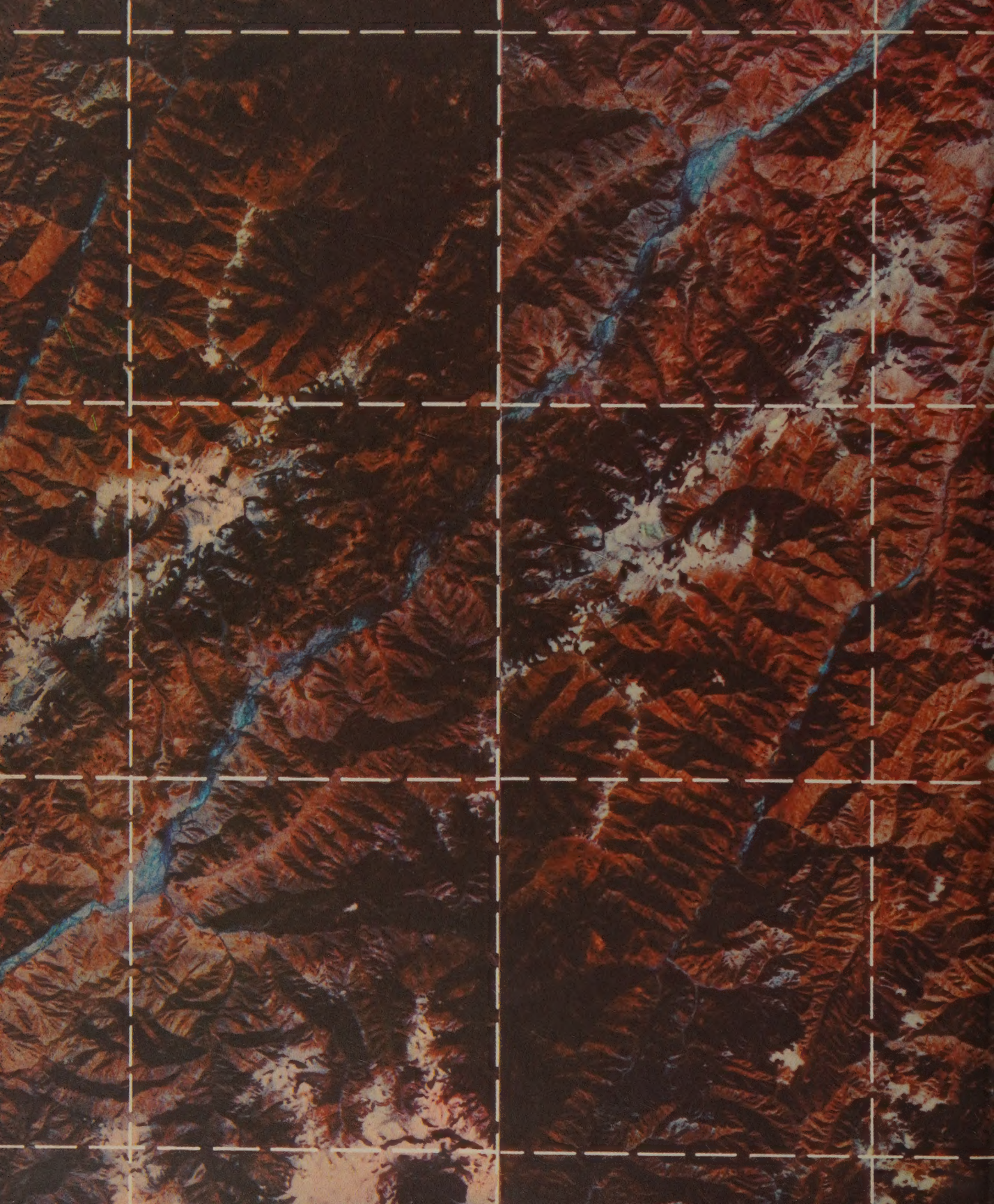
Landschaften 255, 258, 260

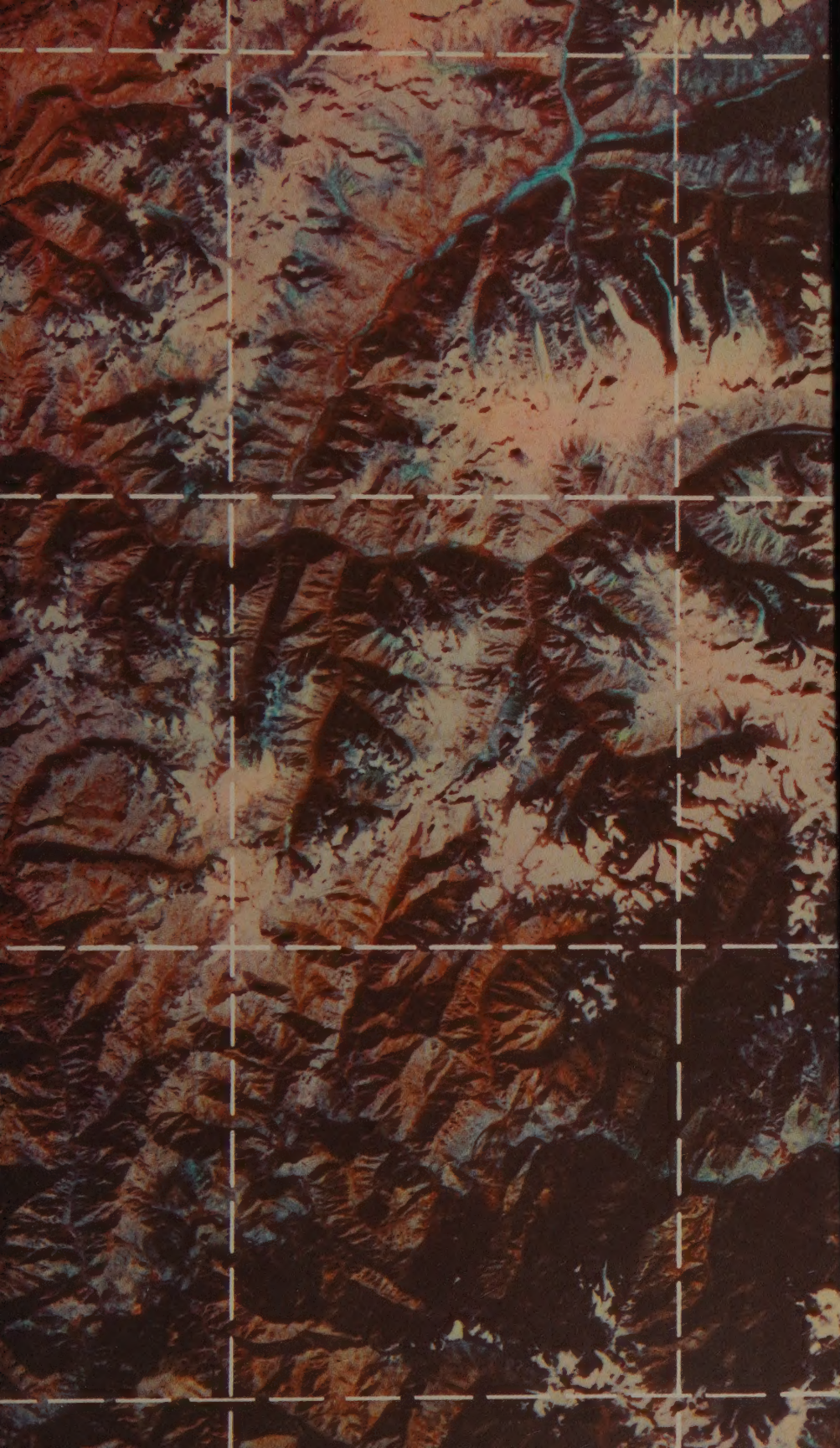
Weltmeer 65, 253, 258–260, 264













In den zum der Weltraum Nutzen Menschheit

Das Buch behandelt die wichtigsten Entwicklungsetappen der sowjetischen Raumfahrt, Rolle und Bedeutung der von künstlichen Satelliten, bemannten Raumschiffen und Orbitalstationen durchgeführten Forschungen für die Wissenschaft und die praktische Wirtschaftstätigkeit. Das Hauptaugenmerk gilt der Naturerkundung aus dem Weltraum. An konkreten Beispielen veranschaulichen die Autoren die Auswertung und Nutzung von Satellitenfotos und visuellen Beobachtungen der Kosmonauten für die Belange der Geologie, Ozeanologie, Land- und Forstwirtschaft, Hydrologie, Gletscherkunde, Meteorologie, der komplexen Erfassung von Naturressourcen und des Umweltschutzes. Das reich mit Orbitalaufnahmen, Landkarten und Schemata illustrierte Buch ist für einen breiten Leserkreis gedacht.

